

K Schaefer.

Bochum 1975

Aus dem Physiologischen Institut der Abteilung für Naturwissenschaftliche
Medizin der Ruhr-Universität Bochum
Arbeitsgruppe Physiologie der Membranen

Häufigkeit, Art und Änderung des Gesamtastigmatismus ametroper Augen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades der Medizin
der Abteilung für Naturwissenschaftliche
Medizin der Ruhr - Universität Bochum



Vorgelegt von

Klaus Schaefers
aus Gelsenkirchen

1975



Häufigkeit, Art und Änderung des Gesamtastigmatismus ametroper Augen

Problemstellung:

Das Normalauge nach Gullstrand weist für alle Hauptschnitte gleiche Brechwerte auf. (1) Dennoch ist Astigmatismus eine häufige Erscheinung des Auges. (2) R. Sachsenweger gibt unter Bezug auf M. Leibowicz an, der Astigmatismus nach der Regel sei gegenüber dem Astigmatismus gegen die Regel der weitaus häufigere. (3) M. Leibowicz hatte die Untersuchungsergebnisse von über 22.000 Patienten ausgewertet und die Häufigkeit der verschiedenen Astigmatismen angegeben. (4) Die von Leibowicz ausgewerteten Untersuchungsergebnisse waren alle mit dem Ophthalmometer nach Javal-Schiötz ermittelt worden. Daher darf aus diesen Ergebnissen kein Schluß über den Gesamtastigmatismus gezogen werden. Nach K. Hruby führt die Ermittlung astigmatischer Refraktionsfehler allein mittels des Ophthalmometers zu groben Irrtümern. (5) Definitionsgemäß sind auch Angaben über Häufigkeit und Art des Astigmatismus des menschlichen Auges nur unter Berücksichtigung des Gesamtastigmatismus möglich. (6) Aus diesem Grunde wird heute bei der Bestimmung des Astigmatismus die Ophthalmometermessung nur als Hilfsmessung angewendet. (7)

Der Verfasser beobachtete bei eigenen Messungen von Refraktionszuständen ein Verhältnis der Astigmatismusarten zueinander, welches von den Angaben früherer Untersucher nicht unerheblich abweicht. Diese unterschiedlichen Ergebnisse sind Folge der unterschiedlichen Bewertung der einzelnen Teilstigmatismen des Auges. Auf Grund der historischen Entwicklung bei der Betrachtung des Astigmatismus, wurde seit der Entwicklung des Ophthalmometers durch Suttcliff, Helmholtz und Javal-Schiötz der Astigmatismus der Hornhautvorderfläche überbewertet.

Frühere Untersuchungen gingen davon aus, der Teilstigmatismus der Hornhautvorderfläche sei dem Gesamtastigmatismus gleich zu setzen.

Auch die von Javal angegebene Formel

$$\text{Ast.}_{\text{tot}} = K + p \cdot \text{Ast.}_{\text{corn}}$$

($K = 0,5$ Dptr. Astigmatismus gegen die Regel, $p = 1,25$)

stellte einen einfachen Bezug zwischen Hornhautastigmatismus und Gesamtastigmatismus her. Allerdings ist einzuräumen, daß Javal mit dieser Formel bereits zu einer etwas differenzierteren Betrachtung des Gesamtastigmatismus kommt. Dennoch gestattet, auch unter Anwendung der Javal Formel, das Ophthalmometer keine Aussage über den Gesamtastigmatismus des Auges. L.N.Gassowsky und V.G.Samsonowa weisen darauf hin, daß Abweichungen bis zu 3 Dptr. zwischen der Ophthalmometermessung und dem Gesamtastigmatismus beobachtet wurden. (8) Auch die Achsenlagen des Hornhautastigmatismus und des Gesamtastigmatismus sind nur im kleineren Teil aller Fälle gleich.

Es wurde daher mit einer den Gesamtastigmatismus des Auges erfassenden Untersuchungstechnik und dem Vergleich dieser Ergebnisse mit den Angaben anderer Untersucher aus dem gleichen Kollektiv und demselben Zeitraum, der Häufigkeit und Lage des Astigmatismus am menschlichen Auge nachgegangen.

Die Ätiologie des Altersastigmatismus ist noch Gegenstand der Diskussion. Als Beitrag dazu wurde zur weiteren Klärung der am menschlichen Auge gefundenen Ergebnisse am Physiologischen Institut der Ruhr-Universität Bochum Untersuchungen und experimentelle Refraktionsveränderungen an Tieraugen sowie Selbstversuche des Verfassers in der Zeit von Anfang 1973 bis Mitte 1975 vorgenommen.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546611_0028

Definition des Astigmatismus:

Der Begriff Astigmatismus (gr. Nichtpunktförmigkeit) wird für verschiedene Phänomene bei der Abbildung durch optische Systeme benutzt. Bei strenger mathematischer Definition einer optischen Abbildung durch brechende Flächen und gewölbte Spiegel entsteht nach Gullstrand (9) : " nur in Ausnahmefällen aus einem Gegenstandspunkt ein einzelner Bildpunkt. Normalerweise wird jeder Punkt des Gegenstandes in zwei aufeinander senkrecht stehenden, aber in verschiedenem Abstand vom Gegenstand befindlichen Bildlinien abgebildet." Dieser Astigmatismus ist einer den optischen Linsen anhaftender Fehler. Besonders deutlich wird dieser Linsenfehler, wenn ein Strahlenbündel von einem seitlich der optischen Achse gelegenen Punkt ausgeht. Dieser Astigmatismus schiefer Bündel tritt auch am Auge auf. Für die zentrale Sehschärfe kann diese Art von Astigmatismus jedoch vernachlässigt werden.

Die Visierlinie und die optische Achse des menschlichen Auges fallen zwar im allgemeinen nicht zusammen, der sich hieraus ergebende Astigmatismus schiefer Bündel beträgt nach F. Berg jedoch nur etwa $1/100$ Dptr. (10) Bei Abbildungsvorgängen mit erheblicher Abweichung von der optischen Achse des Auges ist der Astigmatismus schiefer Bündel jedoch auch am Auge deutlich festzustellen. Aus diesem Grunde muß zur Vermeidung von Meßfehlern bei der Anwendung objektiver Refraktionsverfahren der Strahlengang etwa der Visierlinie entsprechen.

Eine weitere Art des Astigmatismus, der irreguläre Astigmatismus, kommt ebenfalls am Auge vor, wenn die Cornea z.B. durch Narben unregelmäßig verwölbt ist, ein Keratokonus oder Keratoglobus vorliegt, oder die Augenlinse mehrere Brennpunkte aufweist.

Dieser Astigmatismus ist jedoch streng vom regulären Astigmatismus zu trennen.

Eine cylindrische Linse kann in ihrer einfachsten Art als Teil eines cylindrischen Körpers aufgefaßt werden. (Abb.1) Läßt man auf eine solche plan-konvex-cylindrische Linse Lichtstrahlen zentral auftreffen,

die mittels eines stenopäischen Kreuzes aus einem parallelen Strahlenbündel stammen,so erfahren die parallel zur Rotationsachse auftreffenden Strahlen keine Ablenkung

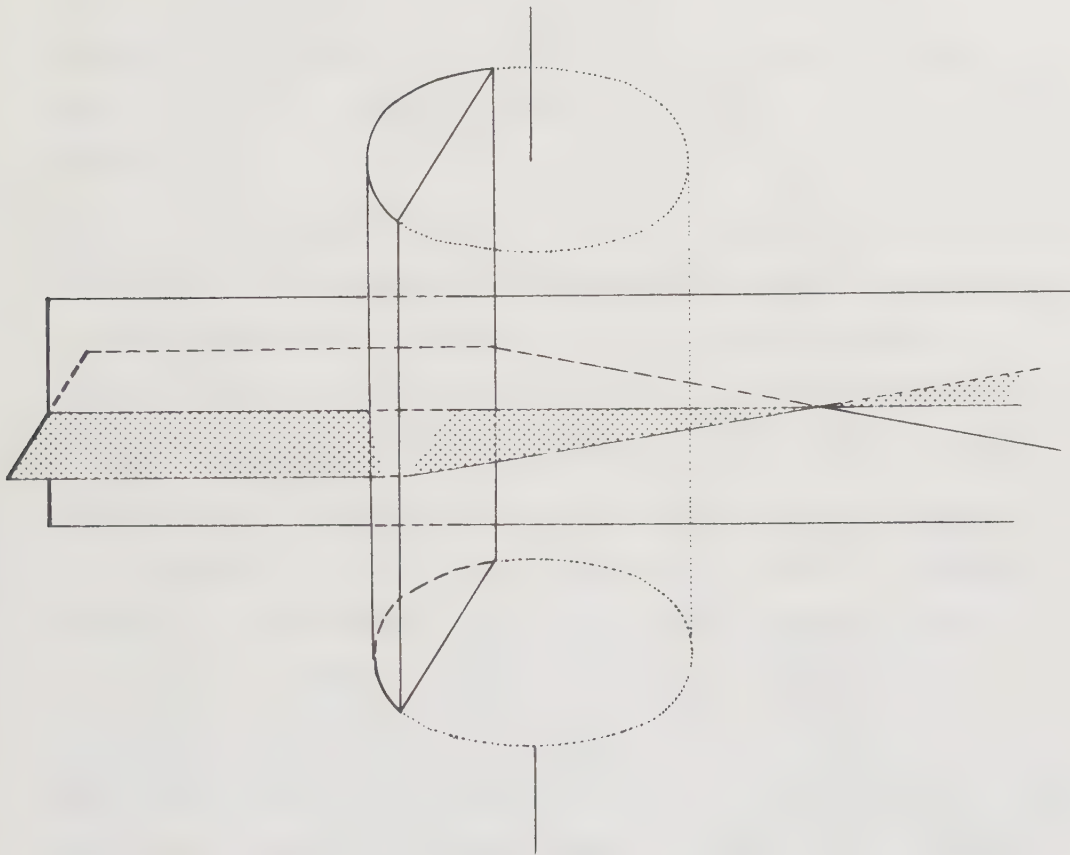


Abb. 1

Die 90° zur Rotationsachse auftreffenden Strahlen werden entsprechend der Flächenkrümmung und der daraus entstehenden Brechwirkung, zur Brennnlinie hin abgelenkt. Eine cylindrische Linse besitzt keinen Brennpunkt, sondern zwei aufeinander senkrecht stehende Brennnlinien, wobei die eine Brennnlinie bei der Plancylinder-Linse im optischen Unendlichen liegt. Kombiniert man eine solche Plancylinder-Linse mit einer sphärischen Linse, so entstehen zwei Brennnlinien, die ebenfalls aufeinander senkrecht stehen, aber beide einen endlichen, jedoch verschiedenen Abstand zu den Bezugspunkten des Linsensystems haben. Ein solches System kann auch aus einer einzigen Linse bestehen, wenn z.B. die in Abb. 1 gezeigte Fläche nicht plan, sondern sphärisch gestaltet wird.

Solche sphäro-cylindrische Linsen werden zur Korrektur des Astigmatismus des Auges angewandt, wenn außer einer astigmatischen Korrektur noch eine Hyperopie oder Myopie vorliegt. Für diese Fälle haben die Korrektionsgläser zur Erreichung einer möglichst punktuellen Abbildung noch eine weitere Durchbiegung, entsprechend der von M.v.Rohr, H.Boegenhold und neuerlich von W.Roos geschaffenen Definition für die punktuelle Abbildung.(11)

Bei dieser Art Astigmatismus handelt es sich um einen streng mathematisch und geometrisch nachzuvollziehenden Abbildungsvorgang. Diese Form des Astigmatismus liegt auch beim menschlichen Auge vor. Die Hornhaut und die Augenlinse sind als solche cylindrische Linsen aufzufassen. Der daraus resultierende Astigmatismus bewirkt, unter Berücksichtigung der zwischen, vor und hinter den genannten optisch wirksamen Flächen sich befindenden Medien, den Gesamtastigmatismus des Auges. Im Idealfall gleichen sich die Teilastigmatismen gegenseitig aus. In diesem Fall liegt trotz vorhandenen Teilastigmatismus kein Gesamtastigmatismus vor, das Auge ist recht-, kurz-, oder übersichtig. Wird dieser Zustand nicht erreicht, so entstehen infolge der verschiedenen cylindrischen Flächen zwei senkrecht aufeinander stehende Brennpunkte. Dieser Astigmatismus des Auges ist Gegenstand der vorliegenden Betrachtung. Dieser Astigmatismus wird im Gegensatz zu den anderen Arten von Astigmatismus als *regulärer Astigmatismus* bezeichnet. Der reguläre Astigmatismus des Auges wird weiter unterteilt. Zu diesem Zweck sind die beiden unterschiedlich brechenden Meridiane als *Hauptschnitte* eingeführt worden. Konventionsgemäß wird der Hauptschnitt, der die schwächste Korrektur benötigt, als erster Hauptschnitt, der die stärkere Korrektur benötigt, als zweiter Hauptschnitt bezeichnet.(12) Dies hat rein praktische Gründe. Hauptschnitte und Achsenlagen von cylindrischen

Korrektionsgläsern werden heute in ihrer Lage nach dem TABO Schema, einer Einteilung von Winkelgraden zwischen 0° und 180° , wobei 0° stets links zum Patientenauge angeordnet ist, angegeben. Außer dieser Angabe der Hauptschnittslagen von Astigmatismen nach dem TABO Schema wird aber auch die Bezeichnung: Astigmatismus rectus (Ast. nach der Regel), Astigmatismus inversus (Ast. gegen die Regel) und Astigmatismus obliquus (schräger Astigm.) benutzt. Beim Astigmatismus rectus steht der stärker brechende Hauptschnitt nach TABO bei 90° , beim Astigmatismus inversus bei 0° bzw. 180° und beim Astigmatismus obliquus z.B. bei 45° oder 135° . Abweichungen von 10° – 20° werden je nach Autor und Stärke des Astigmatismus noch unter den Begriff Astigmatismus rectus bzw. inversus gezählt. Bei den eigenen Messungen und statistischen Aufzeichnungen hat der Verfasser die Hauptschnitte von 75° – 105° und 0° – 15° bzw. 165° – 180° jeweils unter die geraden Astigmatismen gezählt. (vgl. Abb. 2) Diese regulären Astigmatismen bezeichnen, wenn nicht ausdrücklich anders vermerkt, immer den Gesamtastigmatismus.

Da der reguläre Astigmatismus auch mit einer stenopäischen Blende mit spaltförmiger Öffnung in der jeweiligen Hauptschnittslage mit rein sphärischen Gläsern korrigiert werden kann, ist der Astigmatismus streng betrachtet immer mit einer Abweichung hyperoper oder myoper Art kombiniert. Bei sehr kleinen Astigmatismuswerten wird das für den betroffenen Menschen jedoch nicht feststellbar. Diese Überlegung macht die weitere Einteilung des regulären Astigmatismus verständlich. Sie dient zur Klassifizierung der Art des Astigmatismus in bezug der in den jeweiligen Hauptschnitten vorliegenden Fehlsichtigkeiten. Es sind folgende Möglichkeiten zu unterscheiden:

Astigmatismus simplex, Astigmatismus compositus und Astigmatismus mixtus.

Augen mit einem Astigmatismus simplex myopicus sind in einem Hauptschnitt emmetrop, im anderen Hauptschnitt myop. (Abb. 3 u. 4a)
Bei Astigmatismus simplex hyperopicus ist ebenfalls ein Hauptschnitt rechtsichtig, der andere Hauptschnitt übersichtig. (Abb. 3 u. 4b)

Augen mit einem Astigmatismus compositus myopicus sind in beiden Hauptschnitten myop, wobei der erste Hauptschnitt ein geringeres Ausmaß an Kurzsichtigkeit aufweist als der zweite Hauptschnitt.

Ebenso sind Augen mit einem Astigmatismus compositus hyperopicus in beiden Hauptschnitten übersichtig, wobei hier der erste Hauptschnitt ein geringeres Maß an Hyperopie aufweist als der zweite Hauptschnitt.

Der bemerkenswerteste Astigmatismus im Rahmen dieser Einteilung ist wohl der Astigmatismus mixtus. Augen mit dieser Art von Ametropie sind in einem Hauptschnitt kurzsichtig und in dem andern Hauptschnitt übersichtig. (Abb. 4a u. 4b)

Da der Astigmatismus simplex in seinem emmetropen Hauptschnitt keine Korrektur benötigt, wird diese Art von Astigmatismus mit plan-cylindrischen Gläsern korrigiert. Astigmatismus compositus und Astigmatismus mixtus wird mit sphäro-cylindrischen Brillengläsern ausgeglichen.

Die Lagender Hauptschnitte werden durch entsprechende Anordnung der Linsen vor dem Auge eingestellt und nach dem TABO Schema angegeben.

Diese Einteilung der Astigmatismus-Arten in Astigmatismus simplex, compositus und mixtus bezieht sich auf Augen in Akkommodationsruhe und Ferneinstellung. Durch Akkommodation kann sonst z.B. aus einem Astigmatismus simplex hyperopicus ein Astigmatismus simplex myopicus oder gar ein Astigmatismus compositus myopicus werden. Außerdem kann bei Linsenastigmatismus unter dem Einfluß der Akkommodation sich die Achsenlage und auch das Ausmaß des Astigmatismus selbst sich verändern.

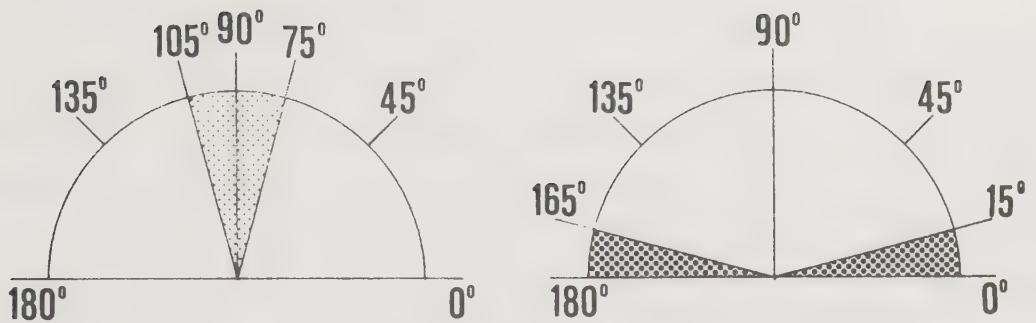


Abb. 2 : befindet sich der stärker brechende Hauptschnitt zwischen 75° und 105° , so liegt Astigmatismus nach der Regel vor. Befindet sich der stärker brechende Hauptschnitt zwischen 0° und 15° , oder 165° und 180° , so handelt es sich um den Astigmatismus gegen die Regel.

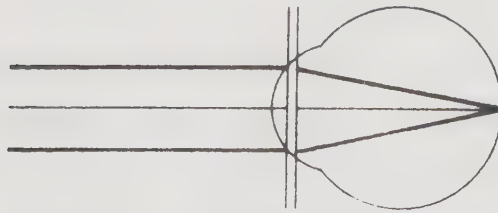


Abb. 3

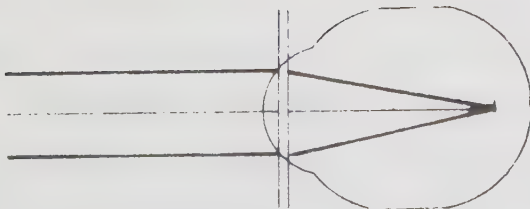


Abb. 4a

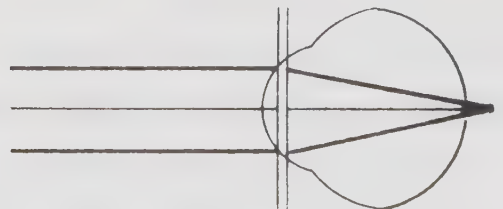


Abb. 4b

Abb. 3 u. 4 Darstellung jeweils eines Hauptschnittes von astigmatischen Augen. Abb. 3 emmetroper, Abb. 4a myoper und Abb. 4b hyperoper Strahlengang.

Bei Untersuchungen des Verfassers wurde nur dieser reguläre Astigmatismus berücksichtigt. Wobei anzumerken ist, daß der Astigmatismus schiefer Bündel, insoweit er Folge des schrägen Einfalls zur optischen Achse ist, mitberücksichtigt wurde, weil er Teil des regulären Astigmatismus wird. Da aber Stärke und Einfluß dieser Komponente wie vorher schon ausgeführt, äußerst gering ist, bedarf es keiner besonderen Betrachtung. Weiter wurde der reguläre Astigmatismus als Gesamtastigmatismus gemessen. Nach dem bereits Ausgeführten wurde für die praktische Arbeit der zum Gegenstand der Untersuchungen erhobene Gesamtastigmatismus wie folgt definiert und vom Verfasser berücksichtigt:

Ein Astigmatismus liegt vor, wenn bei objektiver Refraktion mit dem Strichretinoskop zwei Brennnlinien ermittelt wurden, die aufeinander senkrecht stehen und nur unter Verwendung von für jede Brennnlinie unterschiedlicher sphärischer Korrektionsgläser scharf auf die zentrale Stelle der Netzhaut abgebildet werden konnten. Ferner mußte sich bei der subjektiven Refraktion durch Verwendung eines entsprechenden cylindrischen Glases gegenüber der sphärischen Korrektur eine Visusverbesserung ergeben. Bei sehr kleinen Astigmatismen wurde, insbesondere wenn infolge kleiner Pupillenweite objektiv kein Astigmatismus gefunden wurde, gelegentlich auch der allein subjektiv gefundene Astigmatismus berücksichtigt. In diesen Fällen erfolgte das Auffinden des Astigmatismus mit dem Kreuzcylinder und unter Verwendung der jeweils kleinsten Sehzeichen. Außerdem wurden, insbesondere wenn der Astigmatismus nur subjektiv ermittelt war, in Zweifelsfällen mit dem Strichkreuz und der Balkenprobe kontrolliert. Der Feinabgleich erfolgte mit dem Rot-Grün-Test. Bei den eigenen Messungen des Verfassers wurden nur diese strengen Bedingungen für den Befund Astigmatismus zugelassen. Da die Ergebnisse nach diesem Verfahren mit den Refraktionsergebnissen anderer Untersucher verglichen wurden, sei darauf hingewiesen, daß die vom Verfasser angegebene Definition für den Befund Astigmatismus nicht unbedingt auch auf die anderen Untersucher in gleicher Weise zutreffen muß.

Untersuchungsverfahren auf Gesamastigmatismus am Auge:

Der Gesamastigmatismus wurde im Rahmen einer Refraktion objektiv und subjektiv ermittelt. Es wurde eine Anordnung verwendet, die beide Methoden ohne Wechsel der optischen Anordnungen vor dem Patientenauge ermöglichte.

Objektive Messung:

Ein Strichretinoskop wurde so justiert, daß der drehbare leuchtende Spalt - Faden einer Spezialglühbirne - durch eine Linse im optischen Unendlichen scharf abgebildet wurde. Das auf der Patientennetzhaut entstehende Bild dieses Glühfadens wurde nach dem Prinzip des Augenspiegels im direkten Bild betrachtet. Hyperope Augen boten - vor Einschaltung von Korrektionsgläsern in den Strahlengang - einen breit abgebildeten Glühfaden mit Maximum der Leuchtdichte an den äußeren Begrenzungen, myope Augen einen weniger scharf begrenzten Glühfaden mit Maximum der Leuchtdichte in der Mitte des Bildes. Rechtsichtige Augen bildeten unter den genannten Bedingungen den Glühfaden scharf auf der Patientennetzhaut ab. (Abb. 5) Der Untersucher muß ebenfalls rechtsichtig sein oder durch Verwendung von optischen Hilfsmitteln rechtsichtig gemacht werden. Außerdem darf der Untersucher nicht akkommodieren. Diese letzte Bedingung erfordert Übung und Erfahrung mit dem Umgang des Strichretinoskopes. Durch Drehung des Glühfadens konnte die Refraktion des Patienten Auges in allen Hauptschnittslagen direkt beobachtet werden. Durch eine zwischen Strichretinoskop und Patientenauge angeordnete Recossscheibe konnten objektiv feststellbare ametropische Refraktionszustände unter Sichtkontrolle optisch korrigiert werden. Bei Myopie wurde das schwächste Konkavglas, bei Hypermetropie das jeweils stärkste Konvexglas vorgeschaltet, welches das Bild des Glühfadens scharf auf der Retina abbildete. (Abb. 6 & 7) Bei Astigmatismus wurde jeder Hauptschnitt getrennt korrigiert. Zu diesem Zweck wurde bei Hyperopie der stärkere, bei Myopie der schwächere Hauptschnitt zunächst mit sphärischen Gläsern korrigiert.

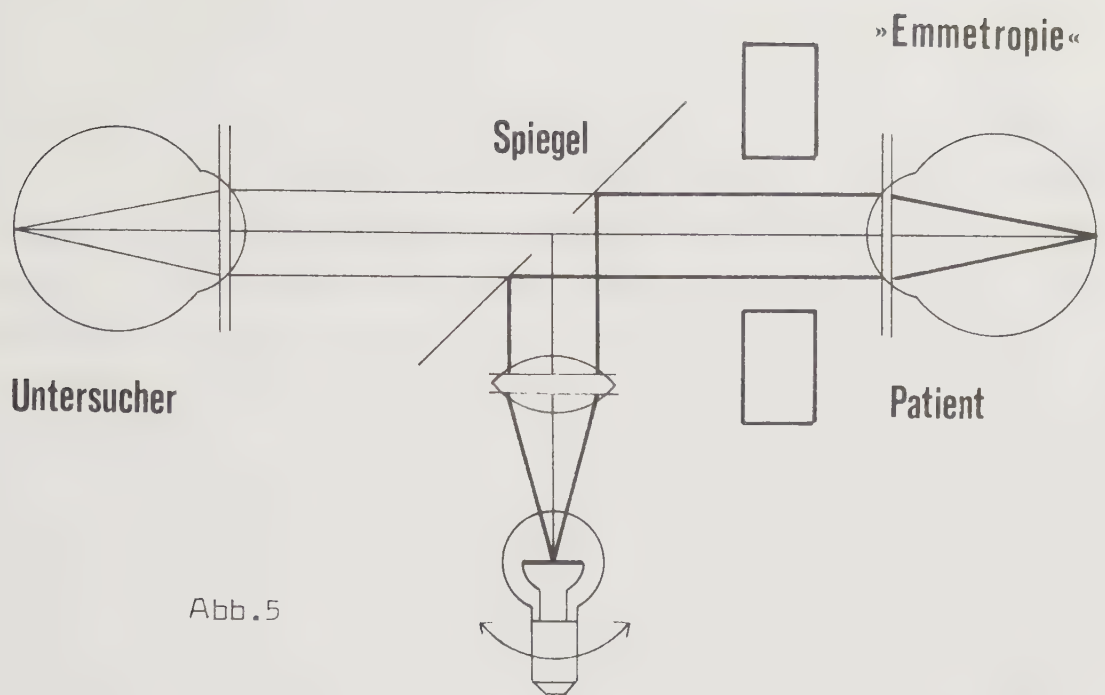


Abb. 5

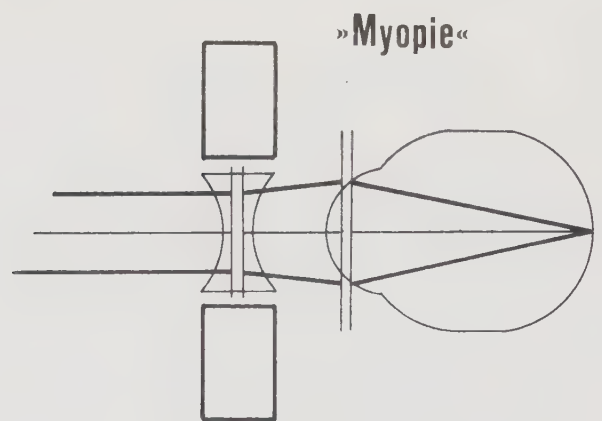


Abb. 6

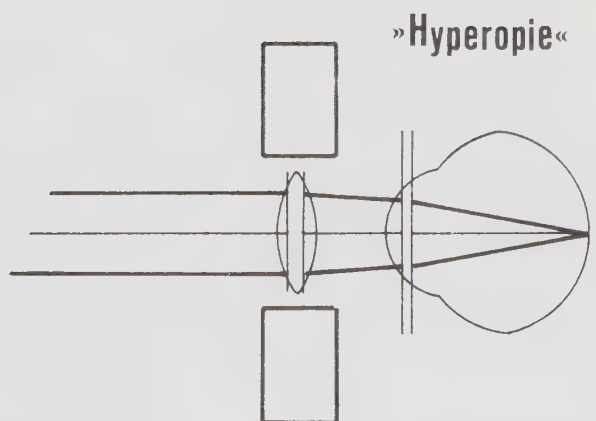


Abb. 7

Strahlengänge bei objektiver Refraktion mittels Phoropter und Strichretinoskop

Der 90° zu dem so korrigierten Hauptschnitt wurde dann mittels eines plan-cylindrischen konkaven Korrektionsglases ausgeglichen. Stärke und Achsenlage dieses Korrektionscylinders konnte unter Sichtkontrolle eingestellt werden. Zur Kontrolle wurde dann in Anlehnung an das Nebelverfahren nach Donders, unter Vorschaltung eines Konvexglases von 1-1,5 Dptr. und Drehung des Glühfadenbildes in alle Achsenlagen überprüft, ob weder ein Restastigmatismus vorliegt, noch unter den gegebenen Bedingungen die sphärische Korrektur infolge etwaigen Akkommodationseinflusses nach positiv zu ändern sei. Gegebenenfalls wurde wie beschrieben nachkorrigiert. Auf diese Weise war die objektive Korrektur des Patientenauges gefunden. Als Recosscheibe diente dem Verfasser der Phoropter Visutest der Fa. Möller Wedel. Nach Beendigung der objektiven Refraktion konnte unmittelbar mit der subjektiven Refraktion begonnen werden, da die objektiv gefundenen Korrektionswerte im Phoropter eingestellt blieben und ein Wechsel der Refraktionsanordnung nicht erforderlich war.

A.E. Sloane weist darauf hin, daß die Strichretinoskopie gegenüber anderen objektiven Refraktionsverfahren den Vorteil besitzt, daß in einem Arbeitsgang nicht nur die objektiven Refraktionsergebnisse ermittelt werden können, sondern infolge der Betrachtung der optischen Medien und Einstellung der Korrektionsgläser unter Sichtkontrolle, dem Untersucher Anomalien wie beginnender Katarakt, irregulärer Astigmatismus und Fundusveränderungen kaum entgehen können. (13)

Weiterhin ist diese Methode dadurch ausgezeichnet, daß leicht erkannt werden kann, wenn der Patient während der Messung akkommodiert. Die gezielte Einstellung des Testbildes auf zentrale Retinabezirke konnte unter Sichtkontrolle erfolgen, so daß Fehler infolge schrägen Verlaufs des Strahlengangs vermieden werden konnten. Die Anordnung mittels des Phoropters hat noch den Vorteil, daß der Einfluß des Scheitelabstandes im Gegensatz zu anderen objektiven Verfahren nicht berücksichtigt zu werden braucht, da immer auf einen Scheitelabstand von 12 mm zwischen Phoropterlinsen und Patientenaugen geachtet wurde.

Subjektive Messung:

Die bei der objektiven Untersuchung gefundenen Korrektionswerte waren bei der getroffenen Anordnung bereits eingestellt im Phoropter. Von diesen Werten wurde bei der subjektiven Refraktion ausgegangen. Stets wurde zunächst monokular geprüft. Unter Belassung der objektiven Korrektionswerte wurden Sehzeichen zur Visusbestimmung dargeboten. Auch bei der subjektiven Refraktion wurde nochmals versucht, die etwaige Akkommodation, die möglicherweise bei der objektiven Refraktion nicht vollständig ausgeschlossen war, noch weiter auszuschalten. Zu diesem Zweck wurde das jeweils stärkste Konvex- bzw. das schwächste Konkavglas ermittelt, welches ohne Visusverschlechterung noch angenommen wurde. Ein bereits bei der objektiven Messung gefundener astigmatischer Wert wurde dann in Anlehnung an die von K. Lindner angegebene Methode, mit dem Kreuzcylinder in bezug auf Achsenlage und Stärke untersucht. (14) Zur Nachkorrektur der Achsenlage wird der Kreuzcylinder jeweils um 45° und 135° versetzt vor die Achse des Korrektionsglases gehalten. Durch diese Kombination entsteht ein neuer Korrektionscylinder, mit einer zwischen ursprünglicher und probeweise gegebenem Cylinderglas liegenden Achse. Der Patient bemerkt bei richtiger Achsenlage seines Korrektionscylinders beim Vorschalten des Kreuzcylinders eine Visusverschlechterung, bzw. bei noch nicht exakter Lage der Achse des Korrektionscylinders eine Visusverbesserung. Durch Wiederholung dieses Vorschaltens der versetzten Kreuzcylinder konnte die Achse des Korrektionscylinders mit einer Genauigkeit zwischen 1 und maximal 5° Toleranz ermittelt werden. Die Genauigkeit der Achsenangabe hängt bei subjektiver Messung von dem Beobachtungsvermögen des Patienten, der Pupillenweite und der Stärke des Astigmatismus ab. Auch kann bei herabgesetztem Visus der Patient kleine Abweichungen schlechter angeben als bei voller Sehschärfe. Gleichzeitig diene der erreichte Visus auch als Kontrolle der gesamten Refraktion. Während eine Unterkorrektur bei Hypermetropie, bzw. eine Überkorrektur bei Myopie infolge des Akkommodationsvermögens den Visus nicht zwangsläufig verschlechtert,

setzt eine unterlassene oder fehlerhafte astigmatische Korrektur in jedem Fall den Visus herab. Nach W. Mindt besteht ein linearer Zusammenhang zwischen astigmatischem Refraktionsfehler und Visus des betroffenen Auges. (15)

Tabelle 1 nach Mindt:

Senkung der Sehschärfe durch regelmäßige astigmatische Fehler

Größe des cylindrischen Refraktionsfehlers in Dptr.	Senkung der Sehschärfe in %
0,25	8
0,5	16
1,0	32
1,5	48
2,0	64
2,5	80

Aus diesem Grunde konnte der Visus als Kontrolle der gesamten bisher dargelegten Refraktion verwendet werden. Wurde der Visus 1 nicht erreicht, so wurde entweder gemäß Tabelle 1 ein astigmatischer Fehler noch nicht genügend korrigiert, die optischen Medien setzten die Sehschärfe herab, das Auflösungsvermögen der Retina war nicht normal oder es lag eine Störung im nervösen Apparat des Auges oder Gehirns vor.

Nach der vollständigen objektiven und subjektiven Refraktion erfolgte ein Feinabgleich mit dem Rot-Grün-Test zunächst monokular, dann binokular. Nach Th. Graff beträgt der Unterschied der Refraktion des Auges zwischen längst- und kürzestwelligem Licht mehr als 1,5 Dptr. (16) Der Rot-Grün-Test macht sich die chromatische Aberration des Auges zunutze, er versetzt den Untersucher in die Lage sphärische, insbesondere aber astigmatische Ametropien genauer als mit irgendeinem anderen Verfahren zu bestimmen. Dazu wurde bei Vorliegen von Astigmatismus in jedem Hauptschnitt der Rot-Grün-Test gesondert angewandt.

In der Achsenlage des jeweiligen Hauptschnitts wurden parallele Striche dargeboten, die ein rot / grün abgeteiltes Grundfeld besaßen. Der Gesamtastigmatismus des auf diese Weise untersuchten Auges konnte mit einer Genauigkeit von 0,2 Dptr. bestimmt werden. Bei den wenigen Fällen, bei denen sich aus verschiedenen Gründen der Rot-Grün-Test nicht anwenden ließ, war die Genauigkeit geringer und lag je nach Pupillenweite, Visus und Eigenart des Patienten bei etwa 0,5 Dptr. Nach der beschriebenen monokularen Untersuchung erfolgte der binokulare Abgleich. Der monokular gefundene Astigmatismus änderte sich dabei nicht. In aller Regel konnte aber binokular die sphärische Refraktion nochmals um 0,25 bis 0,5 Dptr. zur konvexen Korrektur hin verändert werden. Auch hierbei erwies sich der Rot-Grün-Test als äußerst zuverlässiger Indikator. Selbst Veränderungen in der Umfeldleuchtstärke konnten über den Rot-Grün-Test als Veränderungen in Richtung Hyperopie, bzw. Myopie festgestellt werden. Den Abschluß der Untersuchungen auf Refraktionsfehler bei Ferneinstellung der Augen bildete ein routinemäßig durchgeführter Phorietest mittels polarisierender Trennern. Nur am Rande sei bemerkt, daß einige Fälle von Heterophorien dank der Routine-Untersuchung erkannt und mit prismatischen Gläsern korrigiert werden konnten. Darüberhinaus ist die Prüfung von Heterophorien im Hinblick auf latente Hyperopien von Bedeutung. Auf Zusammenhänge zwischen Heterophorien und Refraktionsfehler weist H.E. Baumann hin. (17) Die Korrektur einer Phorie ist immer dann sehr dankbar, wenn sonst nicht zu behebende asthenopische Beschwerden und Kopfschmerz mit entsprechender Korrektur innerhalb von Stunden zum Verschwinden zu bringen sind. Im Anschluß an die vollständige Fernrefraktion wurde eine Prüfung des Nahsehens durchgeführt. Bei noch akkommodations-tüchtigen Nichtpresbyopen konnte mit dem Kreuzcylinder bei höheren Astigmatismen in einigen Fällen eine Abweichung der Stärke des cylindrischen Fehlers und eine Abweichung der Achsenlage der Hauptschnitte gegenüber der Fernkorrektur beobachtet werden.

Im Rahmen der Nahprüfung wurde die Akkommodationsbreite bestimmt. Die gefundenen Werte wurden mit der von Th.Graff modifizierten Duane-Kurve verglichen.(18)Dieser Arbeitsgang diente gleichzeitig wieder zur Kontrolle der Fernrefraktion,da Abweichungen gegenüber der Duane-Kurve Anlaß zur nochmaligen Kontrolle der Fernkorrektur gaben.Veränderungen der astigmatischen Werte wurden bei Presbyopen nicht beobachtet.Die weiteren Untersuchungen in bezug auf das Nahsehen sind für die vorliegende Betrachtung nicht relevant,weshalb auf weitere Besprechung der durchgeführten Nahproben hier verzichtet werden kann.

Objektive Messung und subjektiver Abgleich ergaben die endgültigen Meßergebnisse.Diese wurden für die statistische Auswertung protokolliert.Die Korrekturgläser wichen in einigen wenigen Fällen von den gefundenen Vollkorrektionswerten aus Gründen der Verträglichkeit ab. Bei erstmaliger Ausstattung mit höheren Astigmatismuswerten,insbesondere bei Astigmatismus obliquus, wurden wegen der zu erwartenden Beschwerden zunächst nur Teilkorrekturen gegeben.Auch in Fällen von Anisometropie wurde in Anwendung der von Schober angegebenen Regel die Vollkorrektur nicht gegeben,wenn die Refraktionsdifferenz über 2 Dptr. lag.(19)

Um einen direkten Vergleich der Untersuchungsergebnisse mit den Korrekturverordnungen anderer Untersucher zu ermöglichen, wurden in dieser Zusammenstellung die Werte verwendet, die als Korrektur gegeben wurden.Nach dem oben gesagten sind diese in einigen Fällen anders als die Vollkorrekturwerte. Da aber in keinem Fall ein Astigmatismus rectus so verändert korrigiert wurde,daß daraus ein Astigmatismus inversus wurde,oder umgekehrt,hat diese Behandlung der Fälle keinen Einfluß auf die Fragestellung nach der Häufigkeit der einzelnen Astigmatismus-Arten.

Experimentelle Versuchsanordnungen:

Mit gleicher Methode wie am menschlichen Auge wurden an verschiedenen Tierarten objektive Refraktionen durchgeführt. An Bullfröschen konnte der Refraktionszustand zunächst am lebenden Tier ermittelt werden und nach Enukleation. Refraktionen an Warmblüt ertaugen erfolgten im Lebendzustand bei Katzen, in enukleiertem Zustand an Kalbs- und Schweinsaugen. Kalbs- und Schweinsaugen wurden nach Feststellung der objektiven Refraktionsergebnisse in ihrem Refraktionszustand experimentell verändert und erneut refraktioniert. Das hierzu erforderliche objektive Refraktionsverfahren entspricht dem bereits geschilderten, beim menschlichen Auge angewendeten Verfahren. Anstelle des Phoropters wurden einzelne Probiergläser vorgehalten. Auch hier wurde, um den Vergleich zu ermöglichen, ein Scheitelabstand von 12 mm eingehalten. Astigmatische Werte wurden mit plan-konkav-cylindrischen Gläsern in Kombination entsprechender sphärischer Linsen ermittelt, auch diese Anordnung entspricht dem Meßverfahren mit dem Phoropter.

Durch Verwendung hypertotonischer Glucoselösungen konnte im Tierexperiment und im Selbstversuch Veränderungen der Refraktionswerte beobachtet werden. Hierzu fanden folgende Versuche statt:

Die den enukleierten Kalbsaugen noch anhaftenden Muskeln und die Bindehaut wurden abpräpariert. Das Auge dann in physiologischer Kochsalzlösung 15 Minuten belassen. Anschließend mit der Präzisionswaage das Gewicht festgestellt. Danach wurde das Auge in 15 %ige Glucose-Lösung eingebracht. Nach 15 Minuten wurde erneut gewogen. Um durch ungleiches Anhaften der jeweiligen Lösung Meßfehler zu vermeiden, bzw. auf ein erträgliches Maß einzuschränken, wurde bei Entnahme aus den Lösungen jeweils eine Abtropfzeit von 10 Sekunden eingehalten. Die Meßgenauigkeit war damit auf einen Tropfen Lösung genau. Unter gleichen Bedingungen wurden Gegenversuche mit isotoner und hypotoner Lösung durchgeführt. Die beobachteten Gewichtsveränderungen wurden protokolliert und jeweils der Versuch einer Refraktionsbestimmung nach den Versuchen unternommen.

Schweinsaugen haben Abmessungen, die dem menschlichen Auge nahe kommen. Osmotische Versuche konnten an Schweinsaugen mit dem Tonometer von Schiötz überprüft werden. Die zu untersuchenden Schweinsaugen wurden in physiologischer Kochsalzlösung bei Zimmertemperatur aufbewahrt, zur Tonometrie und objektiven Refraktion entnommen, anschließend in hyper-, iso, bzw. hypotone Glucoselösung eingebracht. Die Lösungen wurden zwischen 10 und 30 Minuten einwirken gelassen. Anschließend wurde erneut tonometriert und refraktioniert.

Der Einfluß des Augeninnendruckes auf die Refraktionswerte wurde durch Injektion von Ringerlösung in die vordere Augenkammer von Schweinsaugen überprüft. Es wurde vor Einstechen der Kanüle, die vom Limbus eingeführt wurde, refraktioniert, nach Einstechen der Kanüle und nach Erhöhung des Druckes. Der Druck konnte unter Verwendung des Tonometers nach Schiötz gezielt eingestellt werden. Nach Rücknahme des Augeninnendruckes wurde abschließend die Refraktion durchgeführt.

Diese Versuchsanordnung eignete sich auch, den Einfluß des Brechungsindex des Kammerwassers auf die Refraktionswerte zu betrachten. Es wurde etwa die Hälfte des Kammerwassers mit der Spritze abgesaugt und durch verschiedene Lösungen mit höherem Brechungsindex ersetzt. Um keine Veränderungen durch eine ungleiche Menge Versuchslösung gegenüber der abgesaugten Menge Kammerwasser zu injizieren, wurde der Tonometerwert als Maß für die zu ersetzende Menge Versuchslösung verwendet.

Bei den Versuchen mit enukleierten Augen zeigten sich Schwierigkeiten, weil die optischen Medien recht häufig während der Versuche ihre Durchsichtigkeit verloren und auch die Druckverhältnisse vom Lebendzustand häufig so weit entfernt waren, daß eine Verwertung der erzielten Ergebnisse nur in dem kleineren Teil der unternommenen Versuche möglich war. Auch der Einwand, daß gefundene Ergebnisse von Tieraugen nur bedingt für Aussagen über das menschliche Auge tauglich sind, veranlaßten den Verfasser einige Untersuchungen im Selbstversuch am eigenen Auge durchzuführen.

Versuchsbeschreibung der Selbstversuche:

Der Einfluß hyper- und hypotonischer Lösungen auf den Refraktionszustand des menschlichen Auges sollte überprüft werden. Alle Versuchsbedingungen wurden so konstant wie möglich gehalten:

Der Verfasser glich seine eigene Fehlsichtigkeit mittels exakt vollkorrigierender Gläser aus. Vor jedem Versuch wurde mittels Feinabgleich am Rot-Grün-Test diese Bedingung überprüft und gegebenenfalls hergestellt. Die Umfeldhelligkeit wurde während des Versuchs konstant gehalten. Die Pupillenweite beachtet. Es wurde auf gleichen Scheitelabstand der Korrektionsgläser vor und nach dem Versuch geachtet. Zur Messung von Refraktionsveränderungen wurde der Sehzeichenprojektor Idemvisus nach Schober verwendet. Der Abstand Auge zu Testzeichen war für jeden Versuch konstant und betrug 6 m. Veränderungen der Refraktionswerte wurden durch Vorschalten von Zusatzlinsen ermittelt. Die gefundenen Refraktionsveränderungen waren zu gering, um über eine Visusveränderung erfassbar gewesen zu sein. Es wurde daher auch hier mittels des Chromasie-Test geprüft. Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, daß ohne Verwendung des Rot-Grün-Test diese Versuche nicht auswertbar gewesen wären.

Die durch hypertone Lösungen gefundenen Refraktionsveränderungen wurden auch in Beziehung zur Pupillenweite untersucht. Hierzu wurde die Pupille durch Mydrial^R weit gestellt. Ein Einfluß dieses Mydriatikums auf den Ciliarmuskel im Sinne einer Akkommodationsentspannung war nicht erwünscht und wurde - im Gegensatz zu Atropin - auch nicht beobachtet.

Nachdem die vorstehend erörterten Bedingungen geschaffen waren, wurde der vordere Augenabschnitt in die Versuchslösung eingetaucht. Als Applikationsbehälter für die Versuchslösung erwies sich eine Augenbadewanne als zweckmäßig. Die Lösungen konnten auf die Augenlider, die Bindehaut und insbesondere die Cornea direkt einwirken. Die Versuchslösung wurde mit Zimmertemperatur zwischen 2 und 10 Minuten einwirken gelassen. Es wurde Aqua dest., 2,5 ,5 ,10 und 15%ige Glucoselösung verwendet.

Untersuchungsergebnisse:

Der Verfasser hat von Anfang 1970 bis Mitte 1974 über 1.000 Augenpaare in der dargelegten Art refraktioniert und die Ergebnisse protokolliert. Zu Vergleichszwecken wurden aus demselben Zeitraum über 2.500 Korrekturverordnungen anderer Untersucher registriert. Es wurde keinerlei Auswahl getroffen, die erfaßten Fälle stellen den korrekturbedürftigen Anteil einer Population dar. Bei der Gruppenbildung wurde davon ausgegangen, daß die Veränderungen des Astigmatismus des Auges in aller Regel nicht vor Eintreten der Presbyopie zu beobachten ist. Dies wird auch von mehreren Autoren berichtet. Die Veränderungen der Cornea in bezug auf ihren Astigmatismus werden jedenfalls erst in höherem Alter beobachtet. (20) Da ferner nach v. Alphen mit beginnender Presbyopie die latente Hypermetropie manifest wird, wurden zwei Altersgruppen gebildet. (21) Als Kriterium wurde das Vorhandensein von Astigmatismus gewählt. Alle gegebenen Korrekturen wurden in die Gruppe Nichtpresbyopen, (in den Tabellen mit "J" bezeichnet) aufgenommen, wenn die Akkommodationsbreite die Verordnung einer Nahwirkung nicht erforderte. War dagegen zu der gefundenen Fernrefraktion ein Nahzusatz erforderlich, weil die Akkommodationsbreite nicht mehr ausreichte, also weniger als 4 Dptr. betrug, wurden diese Fälle in die Gruppe Presbyopen (=P) eingestuft. Die Korrekturverordnungen anderer Untersucher wurden ebenso eingestuft. Außerdem wurden die Gruppen in männlich und weiblich unterteilt. Daraus ergeben sich acht Gruppen. Diese acht Gruppen wurden in Tabellen so erfaßt, daß daraus in möglichst übersichtlicher Art auch die Häufigkeit der verschiedenen Ametropien in bezug auf das rechte und linke Auge getrennt abgelesen werden kann. Außerdem geben die Tabellen über das Vorkommen gleicher Fehlsichtigkeiten auf beiden Augen Auskunft. Die Fehlsichtigkeiten wurden in vier Gruppen unterteilt. Fälle mit rein sphärischer Ametropie, (=s), Astigmatismus nach der Regel, (=n) Astigmatismus gegen die Regel, (=g) sowie Astigmatismus obliquus (=o). Wie schon mitgeteilt, wurden Abweichungen bis zu 15° einschließlich, unter Astigmatismus rectus bzw. inversus gezählt.

		♂ J			
R	L	s	n	g	o
s		18	8		26
n		4	28		34
g		1		3	7
o		2	2	1	9
		25	38	4	76

Tab.2

		♀ J			
R	L	s	n	g	o
s		19		4	24
n		1	18		20
g		2	1	1	4
o			1		4
		22	20	5	52

Tab.3

		♂ P			
R	L	s	n	g	o
s		132	10	12	161
n		11	68	1	84
g		22	3	71	103
o		11	12	4	42
		176	93	88	390

Tab.4

		♀ P			
R	L	s	n	g	o
s		133	19	17	178
n		17	74	3	109
g		32	3	102	145
o		12	11	9	55
		194	107	131	487

Tab.5

Tab. 2 - 5 Vorkommen der verschiedenen Ametropien aus den Untersuchungsergebnissen des Verfassers (2.010 Augen)

Tabulierung nach Haseloff - Hoffmann (22)

♂ J

		L				R
		s	n	g	o	
s	128	15	3	1	147	
n	7	128		7	142	
g	2	1	17	1	21	
o	3	7	1	9	20	
	140	151	21	18	330	

Tab. 6

♀ J

		L				R
		s	n	g	o	
s	127	9		2	138	
n	18	125	1	6	150	
g		2	15	3	20	
o	1	7		6	14	
	146	143	16	17	322	

Tab. 7

♂ P

		L				R
		s	n	g	o	
s	395	27	31	12	465	
n	34	97	3	12	146	
g	37	3	123	6	169	
o	11	8	4	22	45	
	477	135	161	52	825	

Tab. 8

♀ P

		L				R
		s	n	g	o	
s	493	38	44	20	595	
n	43	140	4	12	199	
g	48	3	138	7	196	
o	13	12	4	35	64	
	597	193	190	74	1054	

Tab. 9

Tab. 6 - 9 Häufigkeitsverteilung der verschiedenen Ametropien
aus den Refraktionsergebnissen anderer Untersucher
(5.063 Augen)

in den folgenden Tabellen sind Ergebnisse des
Verfassers mit V ,Ergebnisse anderer Unter-
sucher mit F bezeichnet.

Die tabellarisch erfaßten Fälle wurden nach K.Freudenberg statistisch ausgewertet.(23) Für die einzelnen Gruppen werden nachfolgend die Mittelwerte,Streuung und Konfidenzintervall angegeben.Wegen der kleinen Zahl bei den Gruppen männlich und weiblich J der Untersuchungsergebnisse des Verfassers werden diese Gruppen nur bei den Berechnungen Streuung der Differenzen aufgeführt.

Gruppe männlich P Messungen des Verfassers: (vgl. Tab. 4) V

R							
s	Mittelwert	41,3 %	Streuung	2,5 %	Konfidenzintervall	34,8 - 47,7 %	
n	Mw	21,5 %	St	2,1 %	Ki	16,2 - 26,9 %	
g	Mw	26,4 %	St	2,2 %	Ki	20,7 - 32,2 %	
o	Mw	10,8 %	St	1,6 %	Ki	6,7 - 14,8 %	

L							
s	Mw	45,1 %	St	2,5 %	Ki	38,6 - 51,6 %	
n	Mw	23,8 %	St	2,2 %	Ki	18,3 - 29,4 %	
g	Mw	22,6 %	St	2,1 %	Ki	17,1 - 28,0 %	
o	Mw	8,5 %	St	1,5 %	Ki	4,5 - 12,4 %	

Gruppe weiblich P Messungen des Verfassers: (vgl. Tab. 5) V

R							
s	Mw	36,6 %	St	2,2 %	Ki	30,9 - 42,9 %	
n	Mw	22,4 %	St	1,9 %	Ki	17,5 - 27,3 %	
g	Mw	29,8 %	St	2,1 %	Ki	24,4 - 35,1 %	
o	Mw	11,3 %	St	1,4 %	Ki	7,6 - 15,0 %	

L							
s	Mw	39,8 %	St	2,2 %	Ki	34,1 - 45,6 %	
n	Mw	22,0 %	St	1,9 %	Ki	17,1 - 26,8 %	
g	Mw	26,9 %	St	2,0 %	Ki	21,7 - 32,1 %	
o	Mw	11,3 %	St	1,4 %	Ki	7,6 - 15,0 %	

Gruppe männlich P Refraktionsergebnisse der anderen Untersucher = F

(vgl. Tab. 8)

R						
s	Mw	56,4 %	St	1,7 %	Ki	51,9 - 60,8 %
n	Mw	17,7 %	St	1,3 %	Ki	16,4 - 19,0 %
g	Mw	20,5 %	St	1,4 %	Ki	16,9 - 24,1 %
o	Mw	5,5 %	St	0,8 %	Ki	3,4 - 7,5 %

L						
s	Mw	57,8 %	St	1,7 %	Ki	53,4 - 62,3 %
n	Mw	16,4 %	St	1,3 %	Ki	13,0 - 19,7 %
g	Mw	19,5 %	St	1,4 %	Ki	16,0 - 23,1 %
o	Mw	6,3 %	St	0,8 %	Ki	4,1 - 8,5 %

Gruppe weiblich P F (vgl. Tab. 9)

R						
s	Mw	56,5 %	St	1,5 %	Ki	52,5 - 60,4 %
n	Mw	18,9 %	St	1,2 %	Ki	15,8 - 22,0 %
g	Mw	18,6 %	St	1,2 %	Ki	15,5 - 21,7 %
o	Mw	6,1 %	St	0,7 %	Ki	4,2 - 8,0 %

L						
s	Mw	56,6 %	St	1,5 %	Ki	52,7 - 60,5 %
n	Mw	18,3 %	St	1,2 %	Ki	15,2 - 21,4 %
g	Mw	18,0 %	St	1,2 %	Ki	15,0 - 21,1 %
o	Mw	7,0 %	St	0,8 %	Ki	5,0 - 9,1 %

Gruppe männlich J F (vgl. Tab. 6)

R						
s	Mw	44,5 %	St	2,7 %	Ki	37,5 - 51,6 %
n	Mw	43,0 %	St	2,7 %	Ki	36,0 - 50,1 %
g	Mw	6,4 %	St	1,3 %	Ki	2,9 - 9,8 %
o	Mw	6,1 %	St	1,3 %	Ki	1,7 - 9,4 %

L						
s	Mw	42,4 %	St	2,7 %	Ki	35,4 - 49,4 %
n	Mw	45,8 %	St	2,7 %	Ki	38,7 - 52,8 %
g	Mw	6,4 %	St	1,3 %	Ki	2,9 - 9,8 %
o	Mw	5,5 %	St	1,3 %	Ki	2,0 - 8,9 %

Gruppe weiblich J F (vgl. Tab. 7)

s	Mw	42,9 %	St	2,8 %	Ki	35,7 - 50,0 %
n	Mw	46,6 %	St	2,8 %	Ki	39,4 - 53,8 %
g	Mw	6,2 %	St	1,3 %	Ki	2,7 - 9,7 %
o	Mw	4,3 %	St	1,1 %	Ki	1,4 - 7,3 %

s	Mw	45,3 %	St	2,8 %	Ki	38,2 - 52,5 %
n	Mw	44,4 %	St	2,8 %	Ki	37,3 - 51,6 %
g	Mw	5,0 %	St	1,2 %	Ki	1,8 - 8,1 %
o	Mw	5,3 %	St	1,2 %	Ki	2,1 - 8,5 %

Zur Beantwortung der Frage nach der Häufigkeit des Astigmatismus nach der Regel zum Astigmatismus gegen die Regel und umgekehrt, wurde die Streuung der Differenz berechnet und unter Berücksichtigung des auf eine Sicherheit von 99 % berechneten Konfidenzintervalls eine Aussage über die Grenzwerte gemacht:

Gruppe männlich J V (vgl. Tab. 2)

R n:g mindestens 18,4 % häufiger L n:g mindestens 28,9 % häufiger

Gruppe weiblich J V (vgl. Tab. 3)

R n:g mindestens 11,2 % häufiger L n:g mindestens 8,5 % häufiger

Gruppe männlich J F (vgl. Tab. 6)

R n:g mindestens 29,0 % häufiger L n:g mindestens 31,6 % häufiger

Gruppe weiblich J F (vgl. Tab. 7)

R n:g mindestens 32,5 % häufiger L n:g mindestens 31,9 % häufiger

Wie ersichtlich, ist bei den Gruppen Nichtpresbyopen der Astigmatismus nach der Regel signifikant häufiger als der Astigmatismus gegen die Regel. Aus diesem Grunde erfolgte die Abgrenzung nur zur Minima-Seite. Bei den Gruppen Presbyopen erfolgte die Abgrenzung, weil kein signifikanter Unterschied der beiden gegenüber gestellten Astigmatismusarten festgestellt werden konnte, in beide Streuungsbereiche.

Gruppe männlich P V (vgl. Tab. 4)

R n:g ist höchstens um 4,2 %, g:n höchstens um 13,9 % häufiger

L n:g ist höchstens um 10,2 %, g:n höchstens um 7,6 % häufiger

Gruppe weiblich P V (vgl. Tab. 5)

R n:g ist höchstens um 1,0 %, g:n höchstens um 15,8 % häufiger

L n:g ist höchstens um 3,2 %, g:n höchstens um 13,1 % häufiger

Gruppe männlich P F (vgl. Tab. 8)

R n:g ist höchstens um 2,8 %, g:n höchstens um 8,3 % häufiger

L n:g ist höchstens um 2,2 %, g:n höchstens um 0,5 % häufiger

Gruppe weiblich P F (vgl. Tab. 9)

R n:g ist höchstens um 5,1 %, g:n höchstens um 4,6 % häufiger

L n:g ist höchstens um 5,1 %, g:n höchstens um 4,5 % häufiger

Bei den presbyopen Gruppen ergibt sich, daß die beiden gegenübergestellten Astigmatismen mit etwa gleicher Häufigkeit vorkommen.

Es läßt sich aber eindeutig zeigen, daß keinesfalls der Astigmatismus nach der Regel noch der häufigere ist.

Im nachfolgenden sind die acht Gruppen zu zwei Gruppen zusammengefaßt.

Es wird die prozentuale Häufigkeit der vier aufgeschlüsselten Fehlsichtigkeitsarten aller Fälle gemeinsam betrachtet. Wobei lediglich die eigenen Untersuchungen des Verfassers und die Refraktionen der anderen Untersucher getrennt belassen wurden.

Zusammenfassung der vier Gruppen V

R						
s	Mw	38,7 %	St	1,5 %	Ki	34,7 - 42,7 %
n	Mw	24,6 %	St	1,4 %	Ki	21,1 - 28,1 %
g	Mw	25,8 %	St	1,4 %	Ki	22,2 - 29,3 %
o	Mw	10,9 %	St	1,0 %	Ki	8,4 - 13,5 %
L						
s	Mw	41,5 %	St	1,6 %	Ki	37,5 - 45,5 %
n	Mw	25,7 %	St	1,4 %	Ki	22,1 - 29,2 %
g	Mw	22,7 %	St	1,3 %	Ki	19,3 - 26,1 %
o	Mw	10,1 %	St	1,0 %	Ki	7,7 - 12,6 %

R \ L					
	s	n	g	o	
s	1143	89	78	35	1345
n	102	490	8	37	637
g	87	9	293	17	406
o	28	34	9	72	143
	1360	622	388	161	2531

Tab. 10 Zusammenfassung aller Messungen verschiedener Untersucher = F

R \ L					
	s	n	g	o	
s	302	37	33	17	389
n	33	188	4	22	247
g	57	7	177	18	259
o	25	26	14	45	110
	417	258	228	102	1005

Tab. 11 Zusammenfassung aller Messungen des Verfassers = V

Zusammenfassung der vier Gruppen F (vgl. Tab. 10)

R

s	Mw	53,1 %	St	1,0 %	Ki	50,6 – 55,7 %
n	Mw	25,2 %	St	0,9 %	Ki	22,9 – 27,4 %
g	Mw	16,0 %	St	0,7 %	Ki	14,2 – 17,9 %
o	Mw	5,6 %	St	0,5 %	Ki	4,5 – 6,8 %

L

s	Mw	53,7 %	St	1,0 %	Ki	51,2 – 56,3 %
n	Mw	24,6 %	St	0,9 %	Ki	22,4 – 26,8 %
g	Mw	15,3 %	St	0,7 %	Ki	13,5 – 17,2 %
o	Mw	6,4 %	St	0,5 %	Ki	5,1 – 7,6 %

Auf Grund der Untersuchungsergebnisse kann gezeigt werden,daß die verbreitete Lehrmeinung,der Astigmatismus n a c h der Regel sei der w e i t a u s häufigste,nur für jüngere Patientenkollektive zutrifft.Be-trachtet man ametropische Kollektive unabhängig vom Lebensalter,so ist allenfalls ein leichtes Überwiegen des Astigmatismus nach der Regel festzustellen.Berücksichtigt man jedoch die Häufigkeit der zu korrigierenden Astigmatismen in der Praxis,so muß die Aussage infolge des deutlichen Überwiegens der Presbyopen noch weiter zugunsten des Astigmatismus gegen die Regel ausfallen. (vgl. Abb. 8-17)

Außerdem wurde statistisch untersucht,ob ein Zusammenhang der hier besonders interessierenden beiden Arten von Astigmatismus als Korre-lation zwischen rechtem und linkem Auge vorliegt. (Kein Zusammenhang wäre -100%,absoluter Zusammenhang + 100 %)

Vorkommen gleicher Astigm. Art auf beiden Augen hat einen Korre-lationskoeffizient bei Gruppe:

V männlich J + 99,9 %, V weiblich 68,8 % J, (Aussagekraft gering,da Anzahl der Fälle für diesen Test zu klein.) V männl. P 94,6 %, V w. P. 93,2 %, männl. F J 96,8 %,weibl. F J 89,8 %,männl. F P 94,6 %, weibl. F P +95,1 %.

Bei allen Gruppen ist signifikante Korrelation der Astigmatismen auf dem jeweiligen Augenpaar festzustellen.

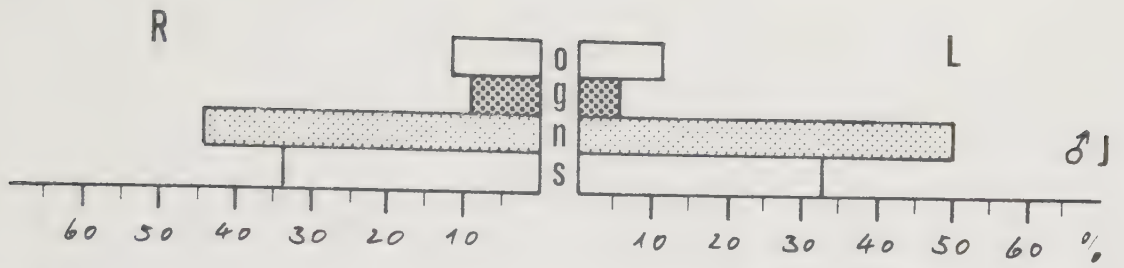


Abb. 8

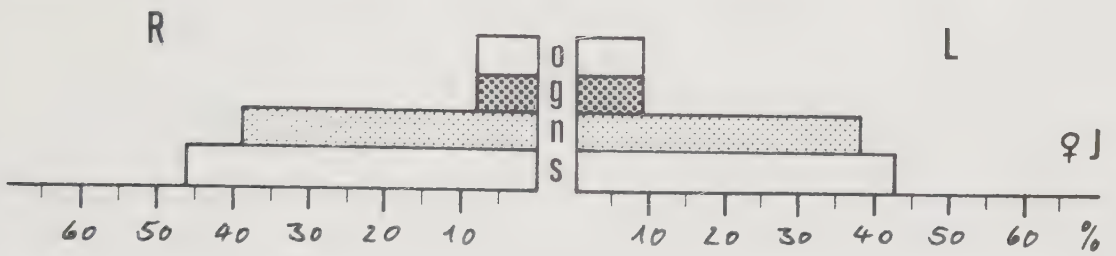


Abb. 9

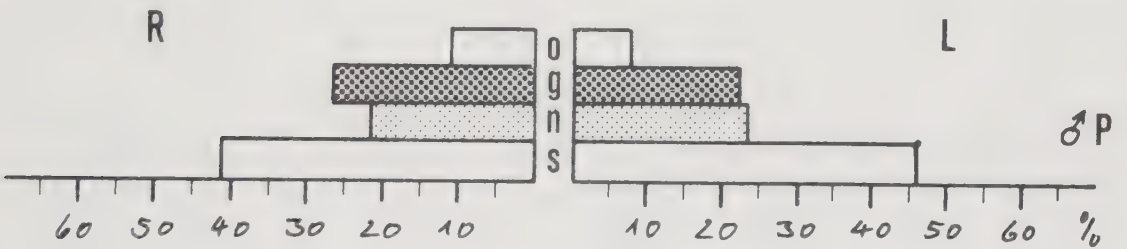


Abb. 10

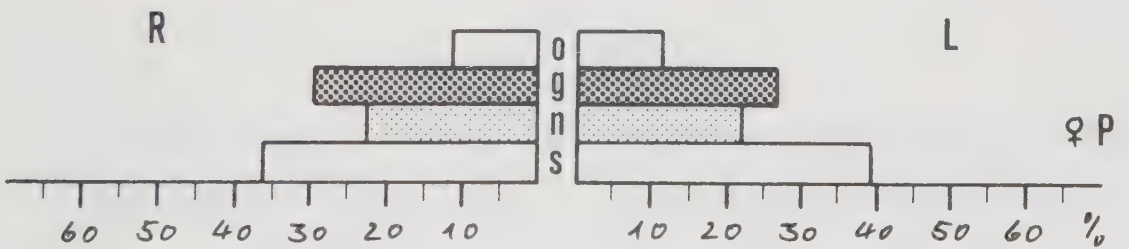


Abb. 11

Häufigkeit der Ametropien nach den Untersuchungen des Verfassers.
 Das häufigere Vorkommen des Astigmatismus gegen die Regel (dunkle
 Felder) bei Presbyopen ist ersichtlich.

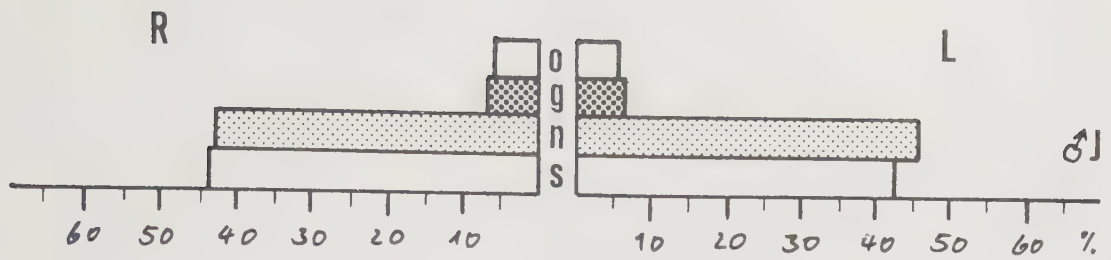


Abb. 12

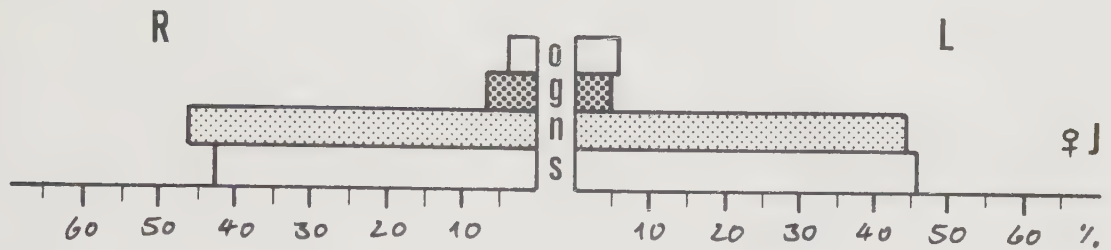


Abb. 13

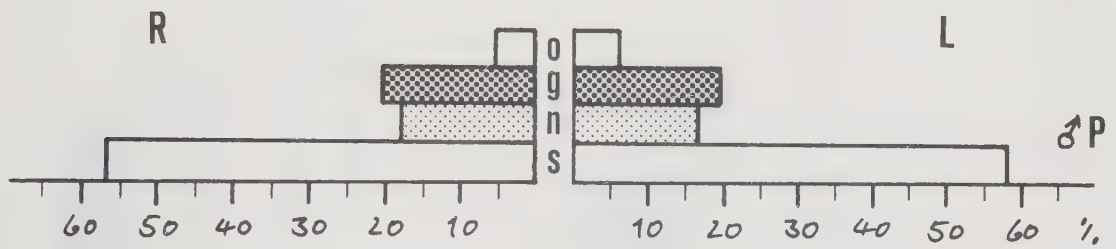


Abb. 14

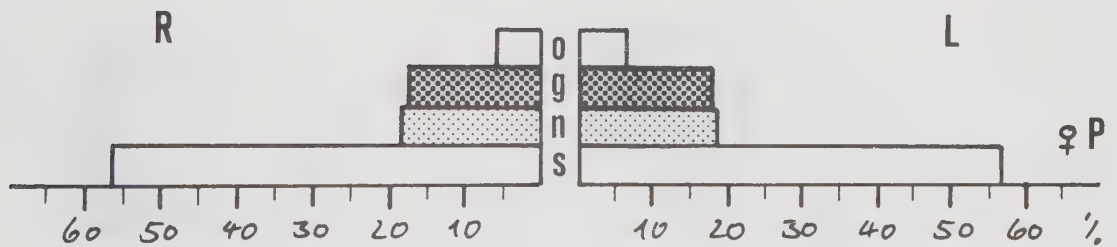


Abb. 15

Häufigkeit der Ametropien nach den Korrektionsbestimmungen verschiedener Untersucher. Der große Anteil rein sphärischer Korrekturen (weiße Felder unten) insbesondere bei Presbyopen ist ersichtlich.

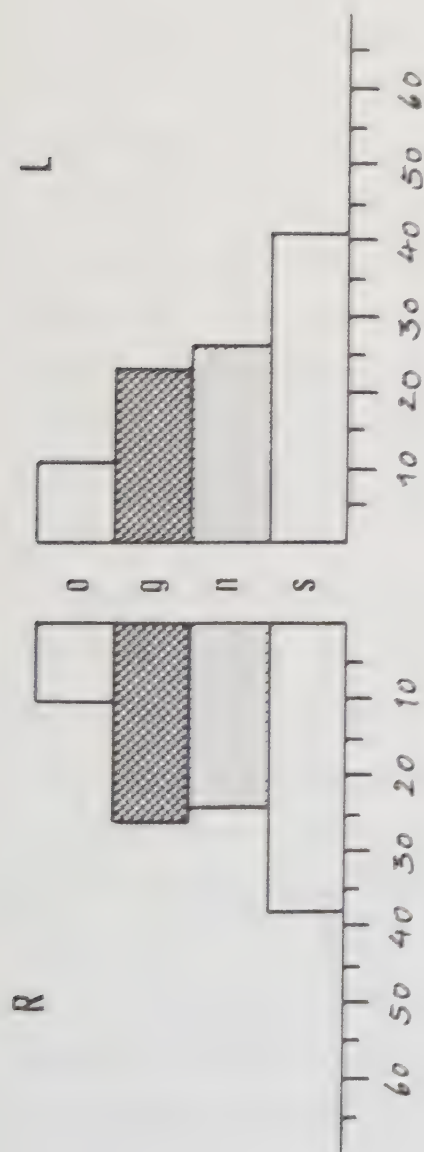


Abb. 16 Zusammenfassende Darstellung der Fehlsichtigkeiten nach den Ergebnissen der Messungen des Verfassers.

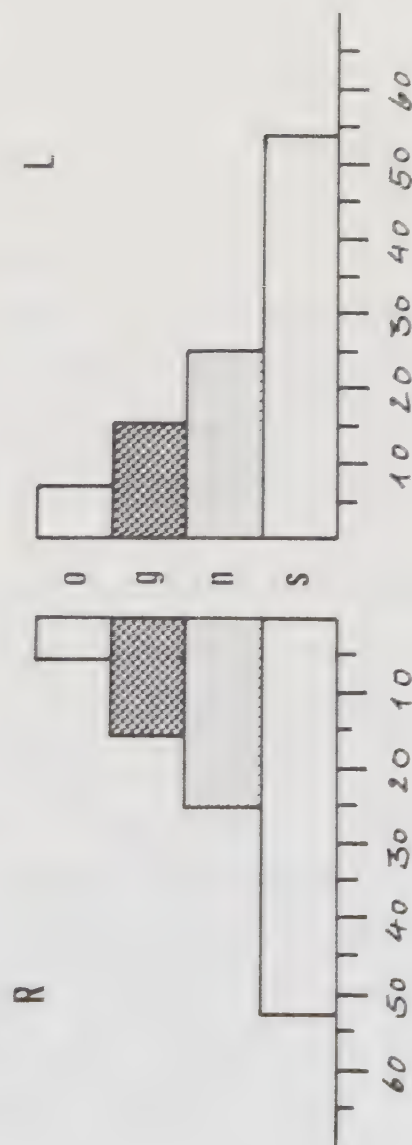


Abb. 17 Zusammenfassende Darstellung der Fehlsichtigkeiten nach den Messergebnissen mehrerer Untersucher.

Untersuchungsergebnisse des experimentellen Teils:

Es wurden 27 Bullfrösche objektiv refraktioniert. In allen Fällen wurde eine Hyperopie von 3 - 7 Dptr. gefunden. Ein Astigmatismus konnte nicht festgestellt werden. Die im Vergleich mit den untersuchten Warmblüteraugen und dem menschlichen Auge extrem durchgewölbte Cornea, mit einem Radius unter 3 mm, gibt der Froschhornhaut offensichtlich eine nahezu ideale optisch sphärische Konstellation. Ebenso ist die Augenlinse des Frosches ideal sphärisch, was auf die morphologische Struktur der Linse zurückzuführen ist. Es sei auch hier angemerkt, daß das objektive Verfahren eine Genauigkeit von etwa 0,5 Dptr. auch in bezug auf Astigmatismus hat. Nach Betäubung der Tiere und Durchtrennung des Rückenmarkes, sowie auch unmittelbar nach Isolierung der Augen, wurde jeweils erneut refraktioniert. Es wurden jedoch nur Abweichungen zum Ausgangswert gefunden, der innerhalb der Meßgenauigkeit liegt. Hieraus ergibt sich, daß bei den untersuchten Fröschen Refraktionsveränderungen infolge Akkommodation nicht festgestellt werden konnten. Schober schreibt den Fröschen jedoch ein Akkommodationsvermögen durch Lageveränderung der Augenlinse zu. (24) Das Sehen unter Wasser erhöht die Hyperopie bei diesen Tieren so stark, daß eine Formensehleistung nicht mehr gegeben sein dürfte. Die Nickhaut verhindert diesen Effekt jedenfalls nicht.

Im Gegensatz zu den Fröschen hatten die untersuchten Katzen nahezu emmetrope Augen, hier war die Akkommodation durchaus festzustellen, da sie bisweilen zunächst eine Myopie vortäuschte. Astigmatismen waren an den untersuchten Fällen nicht festzustellen.

An Kalbsaugen konnte der Einfluß von hypertoner Glucoselösung über die Gewichtsveränderung gemessen werden. Nach Einbringen des Auges in 20 % Glucoselösung für 15 Minuten verringerte sich das Gewicht um durchschnittlich 0,8 Gramm (14 Messungen). Ein daraus zu erwartender Einfluß auf die Refraktion konnte wegen regelmäßig eintretenden Trübungen der optischen Medien nicht verifiziert werden.

Da entsprechende Versuche mit iso- und hypotoner Lösung keine Gewichtsveränderungen im Rahmen der Meßgenauigkeit ergaben, ist davon auszugehen, daß hypertone Lösungen das Volumen der untersuchten Augen reduzierten.

Von den weit über hundert untersuchten Schweinsaugen waren bei 23 die optischen Medien vor und nach Einbringen in hyper- bzw. hypotone Lösungen noch so beschaffen, daß diese sich vor und nach experimenteller Bearbeitung messen und auswerten ließen. Es interessierte besonders die Frage nach der Veränderung der Refraktion und des Astigmatismus durch gesetzte Einflüsse.

Die Angaben von Achsenlagen bei Astigmatismus beziehen sich bei den enukleierten Augen auf das zur querovalen Form der Cornea auf 0 bzw. 180° gesetzte TABO Schema. Nachstehend die gefundenen Ergebnisse vor und nach Behandlung mit osmotisch wirksamen Lösungen:

Refraktion vor, Tonometerwert vor,				Refraktion nach, Tonometerwert nach				Glucose			
1.)	-2,0=cyl-1,0 A 30	12		plan cyl -1,0 A 20	13	30	% "	15	Min.		
2.)	plan cyl -4,0 A 150	16		+1,0=cyl -3,0 A 170	18	20	% "	20	Min.		
3.)	+4,0=cyl-2,0 A 0	15		+4,0=cyl -1,0 A 0	18	30	% "	15	Min.		
4.)	plan cyl+2,0 A 0	18		+1,0 sph	unter 20	30	% "	30	Min.		
5.)	+4,0 sph	11		+3,5		12	20	% "	20	Min.	
6.)	+2,0=cyl-1,0 A 20	15		+3,0		18	20	% "	30	Min.	
7.)	-4,0=cyl-1,0 A 100	17		-3,0	unter 20	30	% "	20	Min.		
8.)	-6,0=cyl-4,0 A 40	18		plan cyl -3,0	unter 20	30	% "	30	Min.		
9.)	+1,0 sph	10		+1,5		16	30	% "	20	Min.	
10.)	-2,0=cyl-3,0 A 20	9		-2,0=cyl-2,0 A 10		14	30	% "	20	Min.	
11.)	plan cyl +2,0 A 130	10		-6,0=cyl+2,0 A 90	unter 20	30	% "	30	Min.		
12.)	-6,0 sph	17		-3,0		20	30	% "	20	Min.	
13.)	-1,0=cyl-3,0 A 0	18		+2,0=cyl-1,0 A 0	unter 20	30	% "	20	Min.		
14.)	+1,0=cyl+1,0 A 90	17		+3,0		19	30	% "	20	Min.	
15.)	+5,0=cyl-3,0 A 30	16		+5,0=cyl-1,0 A 0		20	30	% "	20	Min.	

Refraktion vor, Tonometerwert vor,		Refraktion nach, Tonometerwert nach		Glucose	Min.
16.) -2,0=cyl-2,0 A 120	13	plan cyl -1,0 A 90	17	30 %	20
17.) +3,0=cyl-1,0 A 20	15	+3,0 sph	19	30 %	20
18.) plan cyl-2,0 A 0	13	plan cyl -2,0 A 0	14	5 %	30
19.) +3,0=cyl-1,0 A 30	17	+3,0=cyl-1,0 A 30	17	Aqua dest.	20
20.) +4,0=cyl-4,0 A 90	16	+4,0=cyl-3,0 A 80	18	5 %	20
21.) +2,0 sph	18	+1,5 sph	19	5 %	20
22.) +3,0=cyl -2,0 A 160	12	+3,0=cyl-2,0 A 160	13	Aqua dest.	20
23.) -4,0=cyl -1,0 A 0	14	-4,0=cyl-1,0 A 0	14	Aqua dest.	20

Die experimentell erzeugten Druckerhöhungen veränderten die Refraktionswerte wie nachfolgend aufgeführt: (Tonometerwerte in Skalenteilen bei 5,5 g)

1	2	3
Refraktionswerte bei Ausgangstonus	Refraktionswerte bei Tonuserhöhung auf	Refraktionswerte bei Tonusrücknahme auf Wert 1
1.) +4,0=cyl-1,0 A 90 10	+1,0=cyl-3,0 A 80 3	+4,0=cyl-2,0 A 90
2.) -5,0=cyl-3,0 A 160 13	-7,0=cyl-4,0 A 120 2	-5,0=cyl-3,0 A 150
3.) -3,0 sph 11	-5,0=cyl-2,0 A 0 3	-3,0 sph
4.) +2,0=cyl-2,0 A 0 16	plan cyl-4,0 A 30 3	+2,0=cyl-1,0 A 0
5.) +3,0=cyl-1,0 A 30 17	-1,0=cyl-3,0 A 80 2	+2,0=cyl-2,0 A 70
6.) plan cyl-4,0 A 120 19	-6,0=cyl-3,0 A 90 2	-1,0=cyl-4,0 A 90
7.) +1,0 sph 9	plan cyl-2,0 A 90 4	+1,0=cyl-1,0 A 90
8.) +1,0=cyl-2,0 A 0 11	plan cyl -3,0 A 0 4	plan cyl-2,0 A 0
9.) +6,0=cyl-1,0 A 20 13	+2,0=cyl-3,0 A 0 3	+5,0=cyl-2,0 A 0

Weitere Versuche konnten nicht ausgewertet werden, da Veränderungen der optischen Medien und mechanische Verformung der Cornea eine Nachrefraktion nicht mehr ermöglichten. Es sei die Beobachtung erwähnt, daß in Fällen zu starker Druckerhöhung die Hornhaut augenblicklich opaque wurde, was bei sofortiger Entlastung reversibel war. Die gesetzten experimentellen Drucke entsprechen etwa den Druckerhöhungen bei Glaucom, wo Veränderungen der Refraktion insbesondere des Astigmatismus beobachtet wurden. (25)

Ergebnisse der Selbstversuche:

Die Versuche mit hypo- und isotonischen Lösungen am eigenen Auge erbrachten keine Veränderungen der Refraktionswerte. Aqua dest. war so unverträglich, daß diese Versuche nur bis zu 2 Minuten durchgeführt werden konnten. Allgemein waren hypotone Lösungen unverträglicher als hypertone.

Mit 10 und 15 % Glucoselösung stellten sich regelmäßig Refraktionsveränderungen ein. Nach Absetzen der Lösungen waren jeweils bis zum Abträufeln der Flüssigkeit und bis zum Erreichen der für den Refraktions-test benötigten Bedingungen 1-2 Minuten erforderlich. Die ermittelten Refraktionsveränderungen lagen zwischen +0,25 und +0,5 Dptr., sie waren in der Mehrzahl rein sphärisch. In einigen Fällen ließ sich eine astigmatische Veränderung von 0,25 Dptr. beobachten. Die Refraktionsveränderungen hielten im Mittel 1-2 Stunden an. Nach 2 Stunden war in aller Regel der Ausgangswert wieder festzustellen.

Für die einzelnen Versuche wurden folgende Veränderungen festgestellt:

Auge	R/L	Glucose- lösung %	Dauer der Ein- wirkung in Min.	Refrakt. Änderung	Rückgang nach Std.	Besondere Bemerkungen:
1.)	R	10	5	+0,25	1,5	
2.)	R	5	5	0	----	
3.)	L	10	5	+0,25	1,5	Vollständige Benetzung
4.)	L	5	5	0	----	des vorderen Augen-
5.)	R	15	5	+0,25	2,5	abschnittes infolge
6.)	R	10	10	+0,5	2	Abfluß der Lösung
7.)	L	15	5	+0,25	2	durch Tränen-Nasen-
8.)	R	2,5	4	0	----	gang kontrollierbar.
9.)	R	Aqua dest.	2	0	----	sehr starkes Brennen
10.)	L	2,5	4	0	----	
11.)	L	Aqua dest.	2	0	----	sehr starkes Brennen
12.)	R	10	10	+0,25/+0,5	2	astigm. Veränderung
13.)	L	10	10	+0,25	1,5	
14.)	R	15	5	+0,25	nach 30 Min. nochmals 15% Glucose für 5 Min. keine zusätzl. Veränd.	
15.)	R	5	10	0	----	

R/L	Glucose- lösung %	Dauer der Ein- wirkung Min.	Refraktions- Änderung	Rückgang bzw. nach Std.	besondere Bemerkungen:
16.)R	10	10	0		Pupille durch Mydrial vor Glucoseappl. erweitert
17.)R	keine	--	-0,25		Pupille durch Mydrial erweitert, jedoch keine Glucoseapplikation
18.)L	keine	--	-0,25		wie bei Nr. 17
19.)L	10	10	0		Pupille vor dem Versuch durch Mydral erweitert
20.)R	20	unverträglich, Versuch abgebrochen			
21.)L	10	10	+0,25	2	
22.)R	10	10	+0,5	2,5	Verschlechterung der Nahein-
23.)R	10	10	+0,5	2	stellung beobachtet
24.)R	15	7	+0,5	2,5	3 fach hypertone Lösung bis max. 7 Min. verträglich
25.)L	10	5	zunächst keine +0,25	nach erneut	
	10	10		1,5	
26.)R	10	10	+0,25/+0,5	2	astigmatische Veränderung
27.)L	10	10	+0,25	2	
28.)R	5	10	0		
29.)R	2,5	4	0		
30.)L	5	10	0		iso-hypo- und leicht hyper-
31.)L	2,5	4	0		tone Lösungen erbrachten
32.)R	Aqua des. 2		0		keine Refraktionsänderungen
33.)L	Aqua dest. 2		0		
34.)R	7,5	5	0		
35.)L	7,5	5	0		
36.)R	7,5	10	0		
37.)L	10	10	+0,25	1,5	
38.)R	10	10	+0,25/+0,5	2	astigmatische Veränderung

Die Refraktionsveränderung durch hypertone Lösungen wurde durch
Weitstellung der Pupille ausgeglichen. Die gefundenen astigmatischen
Veränderungen waren Astigmatismen nach der Regel.

Diskussion:

Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit untersuchten Augen wiesen die bekannten verschiedenen Fehlsichtigkeiten auf. Auch die refraktionierten Tieraugen zeigten ganz überwiegend Ametropien. Die Froschaugen zeigten keinen Astigmatismus, wohl aber Hyperopie. Nach Meinung des Verfassers benachteiligt die Hyperopie die Tiere wohl kaum, da sich bewegende Objekte auch bei refraktiven Mängeln noch ausreichend wahrgenommen werden können. Die Tatsache, daß sich beim Frosch kein Astigmatismus fand, dürfte eher auf zufällige morphologische Gegebenheiten zurückzuführen sein als auf funktionelle Notwendigkeit. Die sehr stark durchgebogene Cornea, in Verbindung mit dem Augeninnendruck, sowie die kugelförmige Augenlinse bewirken die relativ vollkommene Sphärozität des Froschauges. (26) Dies ist bei der sehr hohen Gesamtbrechkraft des Froschauges mit über 150 Dptr. hervorzuheben.

Bemerkenswert erscheint dem Verfasser, daß bei Katzen emmetrope Refraktionszustände ermittelt wurden. Wenn auch berücksichtigt werden muß, daß unter den gegebenen Versuchsbedingungen Astigmatismen im Rahmen der rein objektiven Refraktion bis 0,5 Dptr. dem Untersucher entgehen können, so ist doch der Vergleich mit den anderen untersuchten Säugetieraugen interessant, wo mit großer Häufigkeit Astigmatismen gefunden wurden.

Die untersuchten Schweinsaugen wiesen in überwiegender Häufigkeit, bereits bevor experimentell damit gearbeitet wurde, einen Astigmatismus auf. In diesem Zusammenhang muß aber beachtet werden, daß es sich um enukleierte Augen handelte. Dadurch sind die gefundenen Refraktionswerte möglicherweise nicht identisch mit entsprechenden Lebenduntersuchungen. Auch der Augeninnendruck erschien gegenüber in vivo zu erwartenden Werte erniedrigt. Dennoch scheint die Häufigkeit des Astigmatismus der enukleierten Augen für ein relativ häufiges Vorkommen auch in vivo zu sprechen. Die experimentellen Einflüsse erbrachten fast regelmäßig Veränderungen der Refraktionszustände.

Die verwendeten 10-30%igen Glucose-Lösungen entzogen dem Auge offensichtlich Wasser. Ein zu erwartender gegenteiliger Effekt wurde bei Verwendung von Aqua dest. oder 2,5%iger Glucose-Lösung nicht beobachtet. Hier ist auf den Augeninnendruck zu verweisen. Wie die einzelnen Versuche zeigen, war nach Behandlung der Schweinsaugen mit 15-30%iger Glucose-Lösung die Refraktionsveränderung hyperopisch. Hyperope Ausgangsrefraktionen nahmen um 1 - 3 Dptr. zu, myope Ausgangsrefraktionen entsprechend ab, bzw. aus schwacher Myopie wurde leichte Hyperopie. Auch die astigmatischen Ausgangswerte zeigten Veränderungen. Im allgemeinen konnte eine Abnahme des cylindrischen Wertes um 1 - 2 Dptr. beobachtet werden. Diese Veränderungen des Refraktionszustandes ist als Achsenverkürzung des Auges infolge Verlusts von Kammerwasser zu verstehen. Die Änderungen des astigmatischen Wertes werden mehreren Faktoren zugeschrieben: Turgorverminderung, Abflachung der Cornea und osmotische Entquellung des Hornhautparenchyms. Es sind somit gleichsinnige Veränderungen bei Druckabfall und Druckerhöhung an Schweinsaugen beobachtet worden. Die Betrachtung der einzelnen Ergebnisse bei den Versuchen der experimentellen Erhöhung des Augeninnendruckes lassen jedenfalls Erhöhungen des astigmatischen Refraktionswertes erkennen. Auch die Achsenlagen wurden in beiden Versuchsreihen beeinflusst. Geht man davon aus, daß am menschlichen Auge die Hornhautvorderfläche in jüngerem Lebensalter überwiegend stärker durchgewölbt ist als im horizontalen, so trägt nach dem vorher ausgeführten ein höherer Augeninnendruck mit Wahrscheinlichkeit zur Veränderung des bestehenden Astigmatismus bei. Bei aktuellen Drucksteigerungen konnte im Experiment aktuell die Veränderung des Astigmatismus und der Achsenlage beobachtet werden. Dies findet seine Parallele in der Beobachtung, daß der Augenbinnendruck beim Menschen etwa um die gleiche Zeit beginnt anzusteigen, in der astigmatische Veränderungen eintreten. (27)

Aus der großen Zahl der von Leibowicz erfassten Untersuchungen der Hornhautvorderflächen und den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit, läßt sich mit hoher Wahrscheinlichkeit die Frage nach dem Sitz der

astigmatischen Altersveränderungen beantworten. Leibowicz ermittelte ein Verhältnis des Astigmatismus nach der Regel zum Astigmatismus gegen die Regel bei 65 jährigen von z.B. 70:30 %, erst nach dem 75. Lebensjahr zeigt die Hornhaut des menschlichen Auges die beiden Astigmatismusarten in der Häufigkeit 50:50 %. Bei der Betrachtung des Gesamtastigmatismus ist das Ergebnis jedoch deutlich anders. Die Abb. 10, 11, 14 und 15 zeigen, daß die Presbyopen als Gruppe der etwa 45-80 jährigen bereits ein Verhältnis des Astigmatismus n:g aufweisen, das eine etwas häufigere Korrektur des Astigmatismus gegen die Regel als nach der Regel ergab. Es ist daher, unter Berücksichtigung der Altersverteilung innerhalb der Gruppe Presbyopen, davon auszugehen, daß bereits vor dem 60. Lebensjahr ein Verhältnis des Astigmatismus n:g wie 1:1 erreicht wird, also 15-20 Jahre früher, als nach Leibowicz über die Hornhautveränderungen erklärbar wird. Aus diesem Grunde ist der Verfasser der Meinung: die den Altersastigmatismus hervorruhenden Einflüsse müssen zuerst die Augenlinse verändern, der Altersastigmatismus ist also vorwiegend durch veränderte astigmatische Wirkung der Augenlinse bedingt und wird im höheren und höchsten Lebensalter durch die gleichsinnige Veränderung der Hornhaut noch verstärkt. Auch der zeitliche Zusammenfall von abnehmender Akkommodationsleistung und Auftreten des Altersastigmatismus deuten in dieselbe Richtung. Dies umso mehr, als die Abnahme der Akkommodation auf eine Sklerosierung der Augenlinse selbst zurückzuführen ist. (28) Ebenso ist aber auch die Veränderung der Brechungszahl der Augenlinse als Ursache des Alterslinsenastigmatismus zu erwägen, zumal auch hier der zeitliche Zusammenfall von Nachlassen der Akkommodation und Änderung des Linsenastigmatismus auffällt. Die Veränderungen der Augenlinse selbst dürften primär auf trophische Störungen zurückzuführen sein. Es ist aber auch im Zusammenhang mit dem schon früher erwähnten Einfluß des höheren Augendruckes auf den Astigmatismus daran zu denken, daß der höhere Druck auf die Gestalt der Linse Einfluß nehmen kann, insbesondere dann, wenn man unterstellt, daß nicht alle Bezirke der Linse gleich verhärtet sein müssen.

Weitere Veränderungen am Auge um den Zeitpunkt der beginnenden Presbyopie verweisen auf Veränderungen an der Linse. Die häufige Hyperopie bei Auftreten der Presbyopie ist überwiegend eine Folge von Umbauvorgängen innerhalb der Linse selbst. Da zur Erklärung dieser Hyperopie immer wieder auf den Einfluß der Brechzahl des inneren Anteils der Augenlinse verwiesen wird, ist der Gedanke, daß teilweise der Altersastigmatismus ebenfalls durch diese Veränderung erzeugt wird, noch naheliegender. Betrachtet man außerdem den Anteil der sphärischen Augen in der Gruppe der Nichtpresbyopien und den Anteil der sphärischen Augen in der Gruppe Presbyopien, (Abb. 8-15) so stellt man eine Zunahme der sphärischen Augen zu Lasten der Augen mit Astigmatismus nach der Regel fest. Es liegt nahe, hieraus den Schluß zu ziehen, daß die Veränderungen der Augenlinse zunächst den Hornhautastigmatismus nach der Regel mehr oder weniger vollständig ausgleicht und bei weiterem Fortschreiten ein Gesamtastigmatismus gegen die Regel resultiert. Selbstverständlich muß immer die Ausgangsrefraktion betrachtet werden. Veränderungen der Augenlinse können bei starkem Hornhautastigmatismus den Gesamtastigmatismus nur begrenzt beeinflussen. Dennoch scheint nach dem vorstehenden die Augenlinse für den Astigmatismus gegen die Regel bei Alterssichtigkeit den zeitlich frühesten und größten Anteil zu haben. Selbstverständlich sind auch noch individuelle Verhältnisse zu berücksichtigen, so daß diese Überlegungen nicht allen Fällen gerecht werden können. Insbesondere im höheren und höchsten Lebensalter kommen Einflüsse wie Catarakt und andere Medientrübungen hinzu, die aber nicht unter diesen Begriff des hier betrachteten regulären Astigmatismus fallen. Die üblicherweise diskutierten Faktoren Liddruck und Muskelzug der äußeren Augenmuskeln können nach Ansicht des Verfassers für den frühen Altersastigmatismus nicht ursächlich sein, da diese Faktoren wohl auf die Cornea, wohl kaum aber auf die Augenlinse Einfluß nehmen können.

Der Vergleich der Untersuchungsergebnisse des Verfassers mit den erfaßten Korrekturverordnungen mehrerer anderer Untersucher macht eine für die Diskussion um den Astigmatismus am menschlichen Auge wichtige Tatsache deutlich. Aus Abb. 16 und 17 ist zu ersehen, daß bei beiden gegenübergestellten Untersuchungsreihen der Anteil des Astigmatismus nach der Regel bei etwa 25 % aller Fehlsichtigkeitsarten liegt. Die Astigmatismen gegen die Regel und schräg weisen bei den eigenen Untersuchungen des Verfassers eine größere Häufigkeit auf, der Anteil der sphärischen Ametropien ist bei diesem Vergleich entsprechend kleiner. Dieser Umstand zeigt, daß aus der Praxis entnommene Untersuchungsreihen nicht unbedingt den tatsächlichen Anteil der einzelnen Fehlsichtigkeitsarten darstellen. Da die Korrektur der Presbyopie so häufig vorgenommen wird, ist hier der Grund für die aufgezeigten Unterschiede zu suchen. Ein Astigmatismus von geringem Ausmaß wird häufig für die Nahkorrektur nicht berücksichtigt. Einerseits wird die bei der Naheinstellung geringere Pupillenweite angeführt, die infolge der dadurch zugenommenen Schärfentiefe ein astigmatisches Glas nicht erforderlich mache, andererseits erscheint die rein sphärische Korrektur der Presbyopie oft komfortabler, da astigmatische Gläser insbesondere mit schräger Achsenlage von einer nicht unbedeutenden Zahl von Menschen nur mit Schwierigkeiten angenommen werden. Diese und noch weitere Umstände führten dazu, bei der Verordnung der Presbyopenbrille kleinere astigmatische Werte unberücksichtigt zu lassen. Der Anteil der sphärischen Augen steigt dadurch in der Statistik an. Der Anteil des anstelle der sphärischen Korrektur vorhandenen kleinen Astigmatismus gegen die Regel fällt entsprechend kleiner aus. Ferner ist darauf hinzuweisen, daß unterschiedliche Verfahren ebenso Einfluß auf die Ergebnisse haben. Wird z.B. der Astigmatismus in Konvergenzstellung der Augen genau gemessen, so ist der Anteil des Astigmatismus rectus etwas häufiger als bei Messung in Ferneinstellung der Augen. In höherem Lebensalter ist dieser Unterschied kaum noch vorhanden. (29) Auch für diese Beobachtung wird der im Alter höhere Augenbinnendruck diskutiert, der der Verformung der Cornea bei Konvergenzeinstellung entgegenwirkt.

Daß der Augeninnendruck tatsächlich Einfluß auf die Refraktionszustände des Auges hat, ist durch die im experimentellen Teil dieser Arbeit ermittelten Ergebnisse zu belegen. Osmotisch wirksame hypertone Lösungen setzten an Schweinsaugen gleichzeitig den Binnendruck herab und veränderten die Refraktion in hyperoper Richtung. Diese Veränderung konnte der Verfasser auch am eigenen Auge beobachten. Entsprechende Gegenversuche mit hypotonen Lösungen hatten keinen Effekt. Auch der Umstand, daß isotone Lösungen mit verschiedener Temperatur keine Refraktionsveränderungen erbrachten, läßt eine Deutung der gefundenen Werte im Sinne eines nervalen Einflusses über den Ciliarkörper nicht zu. Die Erklärung der im Selbstversuch gefundenen Refraktionsveränderung kann nur analog der bei den Tieraugen gefundenen Einflüsse gegeben werden. Osmotischer Entzug von Kammerwasser führte zur Abnahme des Innendruckes und dadurch zur Achsenverkürzung des Auges. Eine Hyperopie von 0,5 Dptr. erfordert eine Achsenverkürzung des Bulbus von $2/10$ mm. (30) Unter dem geringeren Augeninnendruck kann aber auch die Durchbiegung der Cornea abgenommen haben, was ebenfalls eine Hypermetropie verursachen würde. Da sich unter Versuchsbedingungen auch astigmatische Veränderungen zeigten, ist anzunehmen, daß beide Einflüsse die beobachteten Veränderungen gleichsinnig bewirkt haben.

Auf die Veränderung des Refraktionszustandes hat aber in vivo auch die Pupillenweite einen Einfluß. Wie im Selbstversuch gezeigt werden konnte, wirkte die weitgestellte Pupille der Hyperopie erzeugenden hypertonen Lösung entgegen. Einerseits könnte -wie bei Glaukom- bei weit geöffneter Pupille der Abfluß des Kammerwassers behindert sein, andererseits ist bekannt, daß periphere Anteile der Augenlinse relativ stärker brechend sind als zentrale. Zur Klärung dieser Frage wurden besondere Versuche durchgeführt. Es ist daraus ersichtlich, daß der Einfluß der peripheren Anteile der Augenlinse allein schon eine Refraktionsverschiebung bewirkten, allerdings gegensinnig. Daraus läßt sich ableiten, daß diese beiden Einflüsse zusammen, hypertone Lösung und Pupillenweitstellung, die sonst zu erwartenden Refraktionsveränderungen nach Hyperopie bzw. Myopie gegenseitig aufhoben.

Bei der Betrachtung von Refraktionsveränderungen muß noch auf den Brechungsindex des Kammerwassers und des Glaskörpers eingegangen werden. Es ist bekannt, daß Diabetes mellitus den Refraktionszustand des Auges verändern kann. Während frühere Untersucher eine Erhöhung des Brechungsindex des Kammerwassers für die diabetische Myopie, (31) und die Erhöhung des Brechungsindex des Glaskörpers für die diabetische Hyperopie (32) verantwortlich machten, sind diese Überlegungen durch Berechnungen von C. Hess heute verlassen. (33) Vielmehr weist Duke-Elder auf den Umstand hin, daß infolge osmotischer Druckveränderung die Augenlinse selbst Ursache der Refraktionsveränderung sein muß. (34) Trotzdem müssen solche Erwägungen zur Erklärung des Altersastigmatismus ausscheiden, da eindeutig pathologische Veränderungen nur relativ selten für Refraktionsveränderungen ursächlich sind. Der Brechungsindex des Kammerwassers selbst, wie auch der des Glaskörpers hat keinen wesentlichen Einfluß. Zur Veränderung der Refraktion des Auges werden Stoffkonzentrationen benötigt, die am lebenden Auge nicht vorkommen. (35) Aus diesen Gründen bleibt für die Erklärung des Altersastigmatismus die gegebenen möglichen mechanischen und trophischen Einflüsse auf die Augenlinse. Die Hornhaut trägt erst nach Eintreten des Alterslinsenastigmatismus gleichsinnig zu diesem Altersastigmatismus bei.

Schließlich könnte auch der Quellungszustand der Hornhaut in Betracht gezogen werden. Da aber selbst bei Annahme eines Einflusses des Quellungszustandes der Cornea auf den Astigmatismus dieser nur äußerst gering sein kann, ist auch diese Überlegung für die Erklärung des Altersastigmatismus ohne praktische Bedeutung. Wohl sei darauf hingewiesen, daß der Quellungszustand der Hornhaut für die Qualität der Abbildung wegen der Durchlässigkeit von überragender Bedeutung ist. (36)

Zusammenfassung:

Der Astigmatismus des menschlichen Auges wurde bereits 1897 in Reihenuntersuchungen mit dem Ophthalmometer untersucht.(37)

Bereits 1898 weist A.Steiger auf mögliche Fehler bei der Beurteilung des Astigmatismus mittels des Ophthalmometers hin.(38) Die heute verbreitete Auffassung über die Häufigkeit des Astigmatismus nach der Regel zum Astigmatismus gegen die Regel stützt sich auf Untersuchungen, die über die Ophthalmometermessung nur die Hornhautvorderfläche erfaßten.Der Verfasser untersuchte über 2.000 Augen mit einer den Gesamtrefraktionszustand des Auges erfassenden Untersuchungstechnik. Aus den Ergebnissen lassen sich die Häufigkeiten der verschiedenen Fehlsichtigkeiten ansehen.Besonders wird aber das Verhältnis des Gesamtastigmatismus nach der Regel zu gegen die Regel deutlich. Während für jüngere Patientenkollektive das Verhältnis des Astigmatismus n:g im Sinne der vorherrschenden Auffassung bestätigt werden konnte, konnte der Verfasser aufzeigen, daß für die große Gruppe der Presbyopen unter den Korrekturbedürftigen das Verhältnis des Astigmatismus n:g sich wie etwa 1:1 verhält.Die experimentellen Untersuchungen in Verbindung mit Veröffentlichungen anderer Untersucher erlaubten einen Beitrag zur Diskussion um die Ätiologie des Altersastigmatismus zu bringen.Der Verfasser ist zu der Auffassung gelangt, daß die Augenlinse als Ursache der altersabhängigen astigmatischen Veränderungen anzusehen ist.Erst viele Jahre später kommt ein gleichgerichteter Einfluß der Cornea hinzu.Betrachtungen des Astigmatismus sollten immer den Gesamtastigmatismus berücksichtigen.Aus diesem Grunde wurden die in dieser Arbeit ermittelten Refraktionswerte nicht unter Verwendung des Ophthalmometers erzielt.Es konnte der Unterschied zu Untersuchungsergebnissen anderer Verordner astigmatischer Korrekturen u.a. auf solche unterschiedliche Techniken zurückgeführt werden.

Literatur:

- (1) W.Thiele: Handbuch der Optometrie Bd.6 Kap.II S.46
- (2) K.Verhagen: Der Augenarzt Thieme Verlag Leipzig 1972
- (3) R.Sachsenweger in Lehrbuch und Atlas der Augenheilkunde S.56
G.Fischer Verlag Stuttgart 1973
- (4) M.Leibowicz: Hornhautkrümmung und Astigmatismus. Zeitschrift
für ophthalm. Optik Bd.16 Heft 2/3 S. 33-70 1928
- (5) K.Hruby: Die Beziehung zwischen Hornhautastigmatismus,
Linsenastigmatismus und Gesamtastigmatismus des Auges.
v.Graefes Archiv für Ophthalmologie, Bd. 150, S.91-119 1950
- (6) A.Reinhard: Fachkunde für Augenoptiker Bd.4 S.82
W.Schröckel Verlag Düsseldorf 1960
- (7) Th.Graff: Messungen augen- und brillenoptischer Größen S.8
Verlag G.Braun Karlsruhe 1960
- (8) N.Gassowsky und V.G.Samsonowa: Der Einfluß des Astigmatismus
der Hornhautvorderfläche auf den Grad des gesamten Astigmatismus.
v.Graefes Archiv für Ophthalmologie, Bd.132, S.298-301
- (9) A.Gullstrand nach H.Schober: Das Sehen Bd.1 VEB Verlag Leipzig 1960
S.210
- (10) F.Berg: Acta Ophthalm. Bd.17, S.1371
- (11) W.Roos: Über die Definition der punktuellen Abbildung bei
sphärischen Brillengläsern. v.Graefes Archiv für Ophthalmologie
Bd.151 Heft 5/6 1951 und Bd.153 Heft 3/4
- (12) M.Haase: Optiker Taschenbuch, Wiss.Verl.Ges.Stuttgart 1963, S.102
- (13) A.E.Sloane: Manual of Refraction S. 75 1970
- (14) K.Lindner: Die Bestimmung des Astigmatismus mit Hilfe des
gekreuzten Cylinders nach Jackson. Klin.Mbl.Augenheilkunde S.103 1939
- (15) W.Mindt: Augenoptik, G.Achterberg Verlag Berlin S.234
- (16) Th.Graff: Messungen augen- und brillenoptischer Größen S.69
- (17) H.E.Baumann: Muskuläre Asthenopie und Kopfschmerz bei manifesten
und latenten Störungen des Binocularsehens. Zeiss Mitteilungen
4.Band/4.Heft Oktober 1966 S. 152 f, G.Fischer Verlag Stuttgart

- (18) A. Duane in Th. Graff: Messungen augen- u. brillenoptischer Größen S. 88
- (19) H. Schober: Das Sehen Bd. 2 VEB Verlag Leipzig 1964 S. 469 (R. 349)
- (20) M. Grayson und R. H. Keates: Manual of Diseases of the Cornea
S. 13 1969 ebenso M. Leibowicz (4) S. 51
- (21) G. W. H. M. van Alphen: On Emmetropia and Ametropia
Ophthalmologica Vol. 142 S. 85 1961
- (22) O. W. Haseloff u. H. J. Hoffmann: Kleines Lehrbuch der Statistik
W. de Gruyter Verlag Berlin 1970 S. 102 ff
- (23) K. Freudenberg: Grundriß der medizinischen Statistik
F. K. Schattauer Verlag Stuttgart 1962
- (24) H. Schober: Das Sehen Bd. 1 VEB Verlag Leipzig 1960 S. 59
- (25) W. Leydhecker in Axenfeld/Pau, Lehrbuch und Atlas der Augenheilkunde, S. 553 G. Fischer Verlag Stuttgart 1973
- (26) A. Sorsby in Refraction, International Ophthalmology clinics S. 11
- (27) Augenarzttagung Febr. 1975 Essen, Diskussionsbeitrag
- (28) P. A. Jaensch und F. Hollwich: Einführung in die Augenheilkunde
G. Thieme Verlag Stuttgart 1963 S. 100
- (29) Weale in Handbuch der Optometrie (1) Kap. E/2 S. 1
- (30) E. Dodt: Lichtsinn in W. D. Keidel Kurzgefaßtes Lehrbuch der
Physiologie G. Thieme Verlag Stuttgart 1970 S. 391
- (31) Schapring: The proximate cause of the transient form of myopia
associated with ~~ip~~itis, with remarks on the other forms of symptomatic
ametropia. Americ. Journ. of Ophth. Nr. 10 Seite 399 1893
- (32) E. Landolt: Einfluß des Alters auf die Akkommodationsbreite
Klin. Mbl. Augenheilkunde 71 S. 235-238 1876
- (33) C. Hess: Über den Einfluß, den der Brechungsindex des Kammerwassers
auf die Gesamtrefraktion des Auges hat. Monatsbl. Augenheilk. 22 S. 274-280
- (34) Duke-Elder in Physiology of the Eye
- (35) Börner: Dissertation Marburg 1869
- (36) F. J. Haberich: Handbuch der Optometrie Kap. II D Anatomie und
Physiologie der Hornhaut und ihrer Umgebung S. 9
- (37) W. M. D'Aubigné Carhart: The refraction of the eyes of one thousand
school children with particular reference to astigmatism, as shown by
the Javal ophthalmometer. New York med. Jour. 17. 4. 1897

- (38) A. Steiger: Zur Aetiologie und Variabilität des Hornhautastigmatismus
Archiv für Augenheilkunde Bd. 36 S. 128-139
- (39) H.J. Haase: Binokulare Korrektur aus "optometrie" Heft 2-4 1959
- (40) E. Bosshard: Ergebnisse einer praktischen Erprobung des Polatest
Gerätes "Süddeutsche Optikerzeitung" Heft 2 1960
- (41) H. Freeman: Sehprüfung und Gläserbestimmung für die Ferne.
Sonderdruck der Fa. Emil Busch GmbH Göttingen
- (42) dtv-Atlas zur Biologie Bd. 2 S. 487 dtv-Verlag München 1969
- (43) H.-H. Unger: Sehorgan in Benninghoff-Goerttler Lehrbuch
der Anatomie des Menschen Bd. 3 S. 433-492 8. Auflage
- (44) K.H. Poser: Einführung in die Refraktions- und Brillenbestimmung
1971 S. 14
- (45) A.v. Reuß: Einfluß des Lebensalters auf die Krümmung der Hornhaut.
Archiv für klinische und experimentelle Ophthalmologie
Berlin, New York 1919 S. 135-140
- (46) R. Bannon: The use of cycloplegics in refraction
Am.J.optom. 24/11 1942
- (47) A. Schlaifer: Cycloplegia-a review of its use and status in re-
fractive practice Penn. Coll. optom. Alumni 1949
- (48) J. Borish: Clinical Refraction 1974 3rd edition
- (49) R. Rengstorff: Observed effects of cycloplegia on refraction
findings Am.J.optom. Assn. 37/4 1966

Für die Überlassung des Arbeitsplatzes und der Mittel,
sowie Anregung und Hilfe bei der vorliegenden Arbeit
gilt Herrn Prof. Dr. Karger mein besonderer Dank.

Bildungsgang:

Der Verfasser wurde 1943 in Gelsenkirchen geboren. Nach Grund- und Realschulbesuch erfolgte eine Berufsausbildung im Augenoptikerhandwerk. Diese Berufsausbildung wurde 1965 mit der Meisterprüfung abgeschlossen. Nach Besuch des städtischen Abendgymnasiums Gelsenkirchen erlangte der Verfasser 1968 die Zulassung zum Hochschulstudium. Der Verfasser studierte in Münster und Bochum vorklinische Medizin und bis Ende 1975 in Essen klinische Medizin. Die vorliegende Arbeit entstand in den Jahren 1970 bis 1975 .

